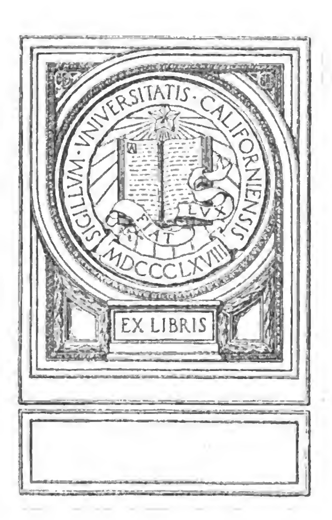
DIE VERGLETSCHERUNG DER ERDE VON POL ZU POL

Max Gugenhan




OTTO HARRASSOWITZ
BUCHHANDLUNG-ANTIQ.
:LEIPZIG:


SIGILLVM · VNIVERSITATIS · CALIFORNIENSIS
FIAT LVX
MDCCCLXVIII
EX LIBRIS

Die

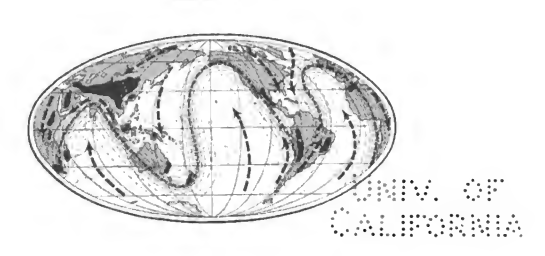
Vergletscherung der Erde von Pol zu Pol

von

MAX GUGENHAN,

Baurat bei dem hydrographischen Bureau
der K. Württ. Ministerialabteilung für den Strassen- und Wasserbau.

Mit 154 Abbildungen.



BERLIN
Kommissions-Verlag von R. Friedländer & Sohn
1906.



Druck von Richard Enzig in Stuttgart.

Inhalt-Verzeichnis.

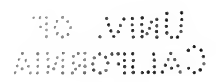
Verzeichnis der Abbildungen.



Vorwort.

Eine 25jährige Tätigkeit im Wasserbaufach und 15jährige Erfahrungen in der Untersuchung der hydrografischen Verhältnisse der württembergischen Flüsse haben den Verfasser überzeugt, dass die heutigen Formen unserer Berge und Täler niemals aus blosser Ab- und Ausschwemmung erklärt werden können. Hievon ausgehend, gelangte er zu dem weiteren Schluss, dass überhaupt die ganze gegenwärtige Bodengestaltung der Festländer wie Meere des Erdballs, kurz die gesamte Gliederung der Oberfläche unseres Planeten unmöglich ein Werk fliessenden Wassers sein kann. Aber auch die Annahme gewaltiger Hebungen und Senkungen reicht zur einwandfreien Erklärnng der dermaligen Geländeformen nicht aus, denn die wirklich nachgewiesenen Verwerfungspalten streichen in der Regel kreuz und quer über Berg und Tal weg und halten sich nur zu einem geringen Teil an die heutigen Eintiefungen. Vielmehr müssen bei der Schaffung unseres Erdreliefs noch andere Kräfte wirksam gewesen sein und diese glaubt der Verfasser in ungeheuren, zeitweise fast die ganze Erdoberfläche bedeckenden Gletscherströmen gefunden zu haben. Es sind in den letzten Jahrzehnten an vielen Orten gletscherähnliche Gebilde und namentlich unzweifelhafte Moränenreste nachgewiesen worden und auf Grund hievon immer wieder, wenn auch ganz schüchtern, Stimmen laut geworden, die für den einen oder anderen Punkt, an dessen Vereisung bisher niemand zu denken wagte, die Möglichkeit oder gar Wahrscheinlichkeit einer Vergletscherung betonten. Aber diese Stimmen blieben vereinzelt und insbesondere ist noch nirgends der Gedanke aufgetaucht, die sämtlichen da und dort entdeckten Gletscherspuren zu einem grossen Ganzen zusammenzufassen und auf eine einheitliche Grundlage zurückzuführen Diese Aufgabe hat sich der Verfasser — angeregt durch die bahnbrechenden Arbeiten von Penk & Brückner (vor allem die gekrönte Preisschrift: „Die Alpen im Eiszeitalter") — gestellt und ist dabei zu derart überraschenden und übereinstimmenden Ergebnissen gelangt, dass er nicht mehr zögert, diese der Oeffentlichkeit zu übergeben.

Gleichwohl geschieht es nicht ohne Bangen, denn der Verfasser ist sich wohl bewusst, in Geologie und Geografie nicht Fachmann zu sein; auch gestatten ihm seine anstrengenden Amtsgeschäfte nicht, sich in diesen Wissenschaften auf dem neuesten Stand der Einzelforschung zu halten.



Es kann ihm daher von den Berufsgelehrten der Vorwurf gemacht werden, über Dinge zu sprechen, über die ihm als Laien kein Urteil zustehe. Demgegenüber sei hier ausdrücklich betont, dass der Verfasser lediglich auf seinen Erfahrungen als praktischer Wasserbauingenieur fusst und aus den diesbezüglichen Eindrücken, die sich ihm in Württemberg und Süddeutschland überhaupt, sowie in der Schweiz und Teilen des Apennins aufdrängten, weitere Schlussfolgerungen gezogen hat. Er ist weit entfernt, die feststehenden Einzelergebnisse jener Wissenschaften in Frage ziehen zu wollen, möchte den Hebel vielmehr da einsetzen, wo in diesen Gebieten der feste Boden verlassen und das schwankende Brett der Annahmen und Voraussetzungen betreten wird. Und hier ist er überzeugt, mit dem Wort „Eiswirkung“ vielfach den Schlüssel zur einfachsten Lösung manch' schwieriger Frage zu bieten. In wie weit die folgende Darstellung — die bei andern als den obengenannten Ländern lediglich auf dem Studium von Landkarten und Bodenbeschreibungen, (so vor allem Süss: „das Antlitz der Erde“) beruht — bezüglich ihrer Einzelheiten vor dem Forum der Fachwissenschaft standhält, ist vollständig Nebensache; der Nachdruck liegt auf der allgemeinen Durchführung des Grundgedankens. Die Einzelschilderung dagegen erhebt lediglich den Anspruch, als erster Versuch in dieser Richtung gewertet zu werden und möchte vor allem als Anregung zu weiterer Forschung dienen. Sollte das Buch diese letztere Wirkung haben, so wäre sein Zweck erreicht!

Zum Schluss sei noch Herrn Regierungsbauführer Werner, Assistent an der Kgl. Technischen Hochschule Stuttgart, auch an dieser Stelle der herzlichste Dank für seine Bemühungen ausgesprochen. Da die Schaffensfreudigkeit des Verfassers in den letzten zwei Jahren durch ungewöhnlich harte Schicksalschläge in hohem Grad beeinträchtigt wurde, suchte und fand er in ihm eine treue Stütze. Er hat nicht nur die logische Aneinanderreihung des umfangreichen Stoffs übernommen, sondern arbeitete sich auch in kürzester Zeit derart in das ganze Gebiet ein, dass es ihm gelang, verschiedene Abschnitte nicht unwesentlich zu verbessern.

Stuttgart, im Frühjahr 1906.

M. Gugenhan.

EINLEITUNG.

Die Universitätsprofessoren Dr. A. Penck in Berlin und Dr. E. Brückner in Halle a. S. haben in der gekrönten Preisschrift „Die Alpen im Eiszeitalter“ *) mit unwiderlegbaren Gründen nachgewiesen, dass die meisten Täler und alle Seen des Alpenvorlands durch ungeheuer mächtige Gletscherströme ausgehöhlt wurden. Die Verfasser haben hiebei eine viermalige Vergletscherung des Alpengebiets und dementsprechend eine viermalige Wiederholung der Schotterbildung im Alpenvorland angenommen. Der Kürze wegen haben sie diese vier Eiszeiten die Günz-, Mindel-, Riss- und Würmeiszeit genannt, entsprechend den an den gleichnamigen rechtseitigen Nebenflüssen der Donau beobachteten Schotterablagerungen. Diese Benennungsweise (G., M., R. u. W. Vergletcherung) wurde so gewählt, dass die Vergletscherungen bezüglich der Zeit ihres Eintritts in alphabetischer Reihe aufeinander folgen, dass also die Günzeiszeit die älteste, die Würmeiszeit die der Gegenwart nächste ist und dass, falls sich dies infolge weiterer Forschung als nötig erweisen sollte, an jeder Stelle noch eine oder mehrere Eiszeiten eingeschaltet werden können.

Diese zunächst für das Alpengebiet aufgestellte Einteilung wurde nun auch auf die Verhältnisse Deutschlands angewandt und zwar in folgender Weise:

Zur *Würmeiszeit* erstreckte sich das von Norden her durch das Becken der Ostsee hindurch geschobene skandinavische Landeis zur Zeit seiner grössten Verbreitung bis in die Nähe von Berlin, während im schwäbischen Oberland die von Süden kommenden alpinen Gletscher des oberen Rheintals über den heutigen Bodensee hinweg bis gegen Leutkirch und Schussenried vordrangen. Zur *Risseiszeit* endigten die Moränenablagerungen in Norddeutschland am Riesengebirge, in Oberschwaben nördlich der Donau bei Riedlingen. Die beiden älteren Eiszeiten dagegen, die *Mindel- und Günzeiszeit* kamen, so wird allgemein angenommen, in Deutschland, mit Ausnahme des Alpenvorlands, nicht oder höchstens in der Ausdehnung der Risseiszeit, zur Wirkung.

Diese letztere Annahme dürfte, wie in der Folge nachzuweisen versucht werden soll, nicht zutreffen; vielmehr lag schon vor der Risseiszeit,

*) Hievon sind im Verlag von Tauchnitz in Leipzig bis jetzt erschienen: Lieferung I (1901) bis Lieferung VII (1905).

die bisher teilweise auch als „grosse“ oder „erste“ Vergletscherung bezeichnet wurde, nicht nur ganz Deutschland, sondern beinahe ganz Europa unter Eis begraben.

Ja nicht bloss der grösste Teil Europas (einige wenige Gebiete ausgenommen) war vereist, sondern fast die ganze Erde war in Mitleidenschaft gezogen, denn es gingen von den beiden Polen, den Alpen, dem Himalaja und den meisten andern bedeutenderen Gebirgen der Erde Eisströme aus, die sich weit über den Aequator hinaus erstreckten, die ganze Festländer abtrugen und umwandelten, hohe Gebirgsketten zertrümmerten oder durchbrachen, grosse Meeresbecken ausbohrten und ausgedehnte Lehm- und Lössablagerungen, sowie endlose Sand- und Salzwüsten als Moränen zurückliessen. Diese bisher nicht berücksichtigten ältesten Vergletscherungen, die von Pol zu Pol reichten und nur Hochländer mit mehr als 12 –1500 m Meereshöhe frei liesen, sind im nachstehenden mit Günz- und Mindelvergletscherung bezeichnet worden, wobei dahingestellt bleiben soll, ob diese Vergletscherungen im einzelnen mit den von Penck und Brückner unterschiedenen entsprechenden Schotterablagerungen übereinstimmen oder nicht.

EINTEILUNG.

Mit Recht wird auf die eben ausgesprochene gewagte Behauptung hin die Frage aufgeworfen: Wo sind denn die *Spuren* dieser gewaltigen Vergletscherung, warum hat man sie bisher noch nicht entdeckt? Die Antwort lautet überraschend einfach und kurz: Ueberall, an allen Bodenformen um uns herum sind die Wirkungen des Eises zu schauen, wenn wir nur unsere Umgebung mit offenen Augen betrachten. Aber wie der Müller das Klappern seiner Mühle nicht mehr hört, wie dem Landmann der Blick für die Schönheiten seiner Gegend abhanden gekommen ist, so haben wir den Sinn für die Sprache unserer Umgebung verloren und sehen, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, den Wald vor lauter Bäumen nicht. Mit anderen Worten: Wir haben uns so vollständig daran gewöhnt, die uns auf Schritt und Tritt entgegentretenden Wirkungen der Eisströme nicht mehr als solche zu erkennen, sondern als gegeben hinzunehmen, dass wir gar nicht die Frage aufwerfen, wie das alles im einzelnen entstanden ist, warum sich gerade hier und nicht an anderer Stelle eine Talfurche, eine Talknickung, eine Talerweiterung, ein Pass, ein Inselberg, ein Steilabfall befindet, weshalb dieser Gebirgskamm oder Meerbusen seine heutige Richtung und Form und nicht eine andere erhalten hat, und warum jener Fluss-

lauf eine mächtige Verwerfungslinie, der er streckenweise folgte, plötzlich verlässt, ohne dass in der Gebirgsbildung ein Grund zu finden ist. Wir begnügen uns vielmehr ganz im allgemeinen mit der alten Lehre, wonach die Bodenformen der gemässigten und heissen Zonen in der Hauptsache den Einwirkungen des Frostes und der Hitze, des Winds, des Regens und insbesondere des fliesenden Wassers zuzuschreiben sind. Damit führen wir jedoch die Entstehung der Oberflächengestalt unserer Erdrinde auf die Tätigkeit völlig untergeordneter Kräfte zurück, die, weil am Schichtenabtrag heute noch beteiligt, uns allerdings am nächsten liegen, in Wirklichkeit aber niemals im stande sind, die ihnen zugeschriebenen mächtigen Wirkungen zu erzeugen. Denn anzunehmen, dass z. B. wohlgerundete Berge von kegelförmiger Gestalt aus Granit, Gneis oder härtestem Kalkstein auswittern bezw. durch sandführende Winde oder fliessendes Wasser ausgeschält werden, dass ausgedehnte Hochflächen hunderte von Meter tief vollständig abgetragen, dass tiefe Seen oder Meerbusen durch jene Kräfte ausgekolkt werden*), ist, selbst bei Milliarden von Jahren, ein Unding. In besonders schwierigen Fällen werden nun freilich ausserdem noch grosse und Jahrhunderte dauernde Hebungen und Senkungen von Erdschollen — teilweise in Grösse von halb Europa — zu Hilfe genommen. Allein hiefür fehlen während und nach der Diluvialzeit zumeist feste Unterlagen, so dass derartige Annahmen als ebenso ungerechtfertigt wie undenkbar zu bezeichnen sind. Vielmehr müssen wir uns mit dem Gedanken vertraut machen, dass beinahe alle Geländeformen der Erde auf Gletscherwirkung zurückzuführen sind und dass auch die heissen Zonen einstmals von Eisströmen durchflossen wurden, die, von den Polen und hohen Gebirgen ausgehend und unter hohem Druck stehend, über Berg und Tal hinweg geschoben wurden. Ein Hauptgrund, weshalb dieser Gedanke bis heute noch keinen Vertreter gefunden hat, ist wohl der, dass nach der herrschenden Ansicht Eiswirkung nur da anzunehmen ist, wo sich Gletscherschliffe und -schrammungen vorfinden. Es leuchtet jedoch ein, dass sich derartige Kennzeichen nur an besonders geschützten Stellen, sowie namentlich an völlig witterungsbeständigen Gesteinen (geritzte und ritzende) bis heute erhalten haben können, dass somit ihr Auftreten ein durchaus unsicheres Merkmal zur Beurteilung der früheren Vergletscherung bildet. Dagegen dürfte die Frage aufgeworfen werden, ob denn nicht hunderte von Meter tiefe Eisrillen eine deutlichere Sprache reden, als Ritzungen, die sich zum Teil nur in Bruchteilen von Millimetern bewegen. Auf die Tatsache, dass die Spuren jener Eisströme in derselben Gegend oft in ganz verschiedenen Höhen liegen, darf uns nicht beirren. Diese Erscheinung findet durch die allmähliche Abtragung

*) Fliessendes Wasser kann nur bei grossem Gefäll eine Vertiefung von Rinnsaalen bewerkstelligen; in Seen und Meerbusen dagegen werden Flüsse stets auflanden, niemals Vertiefungen veranlassen.

des Untergrundes und das dadurch bedingte Sinken des Eisstandes während der verschiedenen Unterabteilungen der Eiszeiten, sowie durch örtliche Stauverhältnisse in jedem einzelnen Fall ungezwungene Erklärung.

Dieser Gedanke soll im folgenden des weiteren durchgeführt und dabei die *Einteilung* in der Weise angeordnet werden, dass zuerst im Hinblick auf die dem Verfasser zunächst liegenden Verhältnisse der süddeutschen Flusstäler und unter teilweiser Anlehnung an Penck und Brückner, allgemeine Gesichtspunkte für die Wirkungen von Gletscherströmen aufgestellt, hernach diese Sätze an einzelnen Beispielen aus Schwaben und Franken erläutert und sodann die Folgerungen aus den Beispielen gezogen werden durch zusammenhängende Anwendung der gefundenen Ergebnisse auf die ganze Erde. Den Schluss wird ein zusammenfassender Ueberblick über das Ganze bilden, sowie ein Anhang, in welchem die Ursachen der Eiszeiten und die Frage des tertiären Menschen sowie der Marskanäle Berücksichtigung finden sollen.





Erster Abschnitt:

Allgemeine Wirkungen der Gletscherströme.

Bei Schilderung der Gletschertätigkeit der Günz- und Mindeleiszeit ist vorauszuschicken, dass man hiebei nicht an die unbedeutenden Wirkungen der heutigen Eisströme oder der Riss- und Würmgletscher denken darf, dass vielmehr jene alten Gletscherströme ganz wesentliche Unterschiede gegenüber den letzteren aufweisen, sowohl hinsichtlich ihrer Zusammensetzung, Mächtigkeit und Geschwindigkeit als auch bezüglich der Umwälzungen, die sie hervorriefen.

Zunächst unterscheiden sich die Günz- und Mindelgletscher von denen der Riss- und Würmeiszeit (und den derzeitigen) in ihrer *Zusammensetzung,* Während diese jüngeren Eisströme nicht mehr nötig hatten, die aufgelagerten weichen Schichten von den untenliegenden härteren abzuschieben und die unebene Oberfläche letzterer abzuarbeiten, während sie sich also gewissermassen auf festen Strassen fortwärtsbewegten, die bereits Jahrhunderte lang von fliessendem Eis abgescheuert und abgeglättet worden waren, mussten die ersten Gletscher über weiche Böden mit ungleichmässiger rauher Unterlage geschoben werden. Da ausserdem auch die Nährböden der älteren Gletscher noch in den den vereisten Gebirgsketten vorgelagerten jungen Sedimentgebirgen und nicht in den den Gebirgskernen näheren, witterungsbeständigen Urgebirgen lagen, so ist bei deren Zusammensetzung wohl mehr an einen gefrorenen, breiartigen Schlamm, in den unter Umständen grosse Schollen von Sedimenten eingelagert waren oder an einen von Eis- und Steinblöcken durchsetzten Murgang — an eine gefrorene Steinlawine — zu denken,. als an das derzeitige reine meergrüne Gletschereis der Alpen und Polarländer. Aus diesen Gründen sind auch in den Moränenresten dieser ältesten Gletscher Ton, Lehm, Letten, Löss vorherschend und nur ganz harte Quarzkiesel noch erhalten; auch finden sich Ritzungen und Schrammungen nur ausnahmsweise. (Weiteres vergl. dritter Abschnitt A, 5. Diluvialablagerungen).

Sodann kann nicht stark genug hervorgehoben werden, dass die Gletscherströme zur Günz- und Mindeleiszeit wohl teilweise tausend und

mehr Meter *Mächtigkeit* hatten, dementsprechend einen Druck von hundert und mehr Atmosphären*) auf ihre Unterlagen ausübten und daher mit den abtragenden Wirkungen der unbedeutenden Gletscherreste der Jetztzeit ebensowenig verglichen werden können, als die Schädigungen der gewaltigen Hochwasser eines grossen Stromes mit den Uferangriffen der Fluten einer kleinen Quelle. Ueber die Entstehung der mächtigen Eismassen gibt wohl am besten eine, wenn auch in einzelnen Punkten auf unrichtigen Annahmen beruhende, vergleichende Rechnung einen ungefähren Begriff. Nimmt man an, dass aus irgend einem Alpental mit entsprechend grossem Niederschlagsgebiet zur Zeit eine mittlere sekundliche Wassermenge von 1 cbm (31,5 Millionen cbm in einem Jahr) abfliesse, so wird es ungefähr der Wirklichkeit entsprechen, wenn die sekundliche Wassergeschwindigkeit zu 0,5 m und der Wasserquerschnitt zu 2 qm (6,7 m breit, 0,3 m tief) angenommen wird. Setzt man ferner voraus, dass das Niederschlagsgebiet des Flusses sich seit der Eiszeit nicht verändert hat, dass der Abfluss aus jenem Flussgebiet zur Eiszeit und heute gleich gross sei — tatsächlich werden wohl Niederschlag und Abfluss höher, Verdunstung, Versickerung und Wasserverbrauch der Pflanzen geringer gewesen sein — sowie dass die Geschwindigkeit des Gletschereises 1000 m im Jahr betragen habe — ein Betrag, der im Vergleich zu der heutigen Gletscherbewegung (s. unten) sehr hoch, also ungünstig angenommen ist — so folgt daraus, dass der Querschnitt des im Tal abfliessenden Eisstroms $\frac{31\,500\,000}{1000} = 31500$ qm**) (z. B. bei 500 m Talbreite die Eisdicke 63 m) betragen haben muss, somit etwa 15000 mal grösser war als der Querschnitt des dermaligen Wasserfadens. Hieraus lässt sich das Anwachsen des Eises zu solch staunenerregender Ausdehnung und Mächtigkeit leicht erklären.

Je geringer die *Geschwindigkeit* des Gletschers war, umsomehr musste sich das nachgeschobene Eis aufstauen oder umsogrösser musste der Eisquerschnitt werden. Andererseits war aber auch mit zunehmender Mächtigkeit die Bedingung grösserer Abflussgeschwindigkeit gegeben, sobald nur die Eismassen wirklich in Bewegung gekommen waren. Es ist daher anzunehmen, dass diese alten Gletscher, wo sie frei abfliessen

*) Die Atmosphäre ist in der Technik das Mass für die Pressung; sie beträgt 1,033 kg auf 1 qcm und entspricht dem Gewicht der atmosphärischen Luft, d. h. einer Quecksilbersäule von etwa 760 mm oder einer Wasser- bezw. Eissäule von rund 10 m Höhe. Zu einem Vergleich möge angeführt werden, dass die zulässige Beanspruchung des Baugrundes bei Bauwesen, unter der Annahme einer 10fachen Sicherheit, zwischen 2 und 10 Atmosphären schwankt, je nachdem der Untergrund aus Kies oder Fels besteht.

**) Die hydraulische Formel lautet: Abflussmenge = Querschnitt mal Geschwindigkeit oder umgekehrt: Querschnitt $= \frac{\text{Abflussmenge}}{\text{Geschwindigkeit.}}$ Daraus, dass die Geschwindigkeit im Nenner auftritt, folgt: Je kleiner die Geschwindigkeit, umso grösser der Querschnitt und umgekehrt, wie ja auch ohne weiteres einleuchtend.

konnten, wegen ihrer uns beinahe ungeheuerlich erscheinenden Mächtigkeit mit verhältnismässig grosser Geschwindigkeit und unwiderstehlicher Gewalt zu Tal gingen, während die heutigen Gletscherzungen, soweit sie nicht ganz stillstehen oder gar im Rückgang begriffen sind, nur eine geringe Vorwärtsbewegung zeigen.

Die eigentümliche Gletschermasse, der hohe Druck und die dadurch bedingte grosse Geschwindigkeit mussten nun in den betroffenen Gebieten weitgehende *Umwälzungen* hervorrufen, welche wiederum da am grössten ausfielen, wo der Eisstand am höchsten war. Die den Polen und Gebirgen entströmenden Gletscher folgten selbstverständlich zunächst den vorhandenen Tälern und Geländeeinschlägen. Mit zunehmendem Eisnachschub überschritten sie jedoch ihr Bett, breiteten sich auch seitlich aus und vermochten so ausgedehnte Flächen vollständig mit Eis zu bedecken. Die grösste Mächtigkeit des Eises war aber unter normalen Verhältnissen stets über den alten Talfurchen vorhanden und deshalb musste auch hier die Geschwindigkeit und damit der Angriff auf den Untergrund am grössten ausfallen. Mit dem Nachlass der Eisbewegung zur Mindeleiszeit trat sodann ein Zeitpunkt ein, wo sich die Gletschermassen wieder von den Hochebenen zurückzogen und in der Hauptsache nur noch in den Tälern vorschoben. Dieser der Gegenwart nächstliegende Abschnitt der Eiszeit, der wohl noch Jahrhunderte andauern mochte, war es, in dem die endgiltige heutige Form unserer Täler geschaffen wurde Aus all' dem erhellt klar und deutlich: Wenn die Oberfläche der Erde auf die Veränderungen untersucht werden soll, welche sie durch Einwirkung des Eises erlitten, so hat man sich vor allem an die bestehenden Talfurchen und Flussläufe zu halten, weil an ihnen der Natur der Sache nach, die Spuren der Umwälzung am augenfälligsten sich darstellen müssen. An derartigen Spuren fehlt es denn auch nirgends. Wer sich die Mühe nicht verdriessen lässt, ein halbwegs ausgebildetes Tal nach dieser Richtung hin anzuschauen, kann mit Leichtigkeit eine Fülle merkwürdiger Erscheinungen entdecken, für die unter Voraussetzung der heutigen Verhältnisse kein zureichender Grund aufzufinden ist. Zunächst muss unsere Aufmerksamkeit der ausserordentlich starken Eintiefung vieler Täler sich zuwenden, die namentlich da rätselhaft erscheint, wo sich ein Fluss oder gar ein kleiner Bach meilenweit durch die härtesten Schichten durchgefressen hat. Sodann weisen die Wasserscheiden oft ganz eigentümliche Verhältnisse auf, die darauf hindeuten, dass eine Verlegung der Scheide stattgefunden hat und die Abflussrichtung der Talstrecke zwischen der alten und der neuen Lage umgekehrt worden ist. Schliesslich sind es noch die sehr häufig vorkommenden Flussknickungen, die unser Interesse verdienen. Wir teilen hienach den Stoff in drei Abschnitte: Talvertiefung, Talumkehrung und Talumknickung.

I. Talvertiefung.

Alle Täler lagen zu Beginn der ältesten Vergletscherung ganz wesentlich höher als heutzutage und wurden erst im Verlauf der verschiedenen Eiszeiten von den durchwandernden Gletscherzungen allmählich zu ihrer heutigen Tiefe ausgefurcht.

Die früheren Täler und Flüsse waren also gegenüber den heutigen „Uebertäler" und „Ueberflüsse", wogegen umgekehrt die heutigen Täler und Flüsse gegenüber den früheren „Untertäler" und „Unterflüsse" darstellen. Diese der Kürze halber gewählten *Bezeichnungen* sollen für den Fall gelten, in welchem die Abflussrichtung eines Tals seit Beginn der Eiszeit die gleiche geblieben ist und die Einwirkuug der Gletscher bloss in einer Talvertiefung sich geltend gemacht hat. Obiger Benennung entsprechend soll also z. B. in der Folge die Bezeichnung „Ueber-Donau M" bedeuten: Die Donau ist zur Mindeleiszeit über dem heutigen Flusslauf in der nämlichen Richtung wie heute geflossen und hat den Talboden M hinterlassen.

Um die *allgemeine Entstehung* einer Talvertiefung sich klar zu machen, ist es nötig, auf die Gletscherbewegung überhaupt näher einzugehen. Neuere Beobachtungen*) und Versuche**) haben ergeben, dass sich das Oberflächengestein innerhalb gewisser Grenzen mit dem Gletscher zu einem Ganzen verbindet und dass diese Uebergangsschicht an der Bewegung des Eises teilnimmt. Bei weichem und leicht verwitterbarem Gestein ist dieser Vorgang und dessen weitgehendste Einwirkung auf die Abtragung der Unterlagschicht im Vergleich mit den Kiesbewegungen auf den heutigen Flusssohlen ohne weiteres klar. Bei einer Unterlage von felsiger Beschaffenheit hingegen ist zu berücksichtigen, dass diese durch die vom Gletscher ausgehende Kälte, den sog. Spaltenfrost, und durch die unter Umständen an die Bruchfestigkeit des Gesteins nahe heranreichende Pressung***) derart mürbe gemacht wird, dass sie sich in einzelne durch Frost- und Haarrisse zersprengte Bestandteile auflöst, die sich alsdann mit dem Eis zu einem plastischen Brei verbinden und von der Grundmoräne mitgenommen werden.

Die *weitere Ausbildung* der Talvertiefungen ist naturgemäss vollständig durch die jeweiligen örtlichen Verhältnisse bestimmt. Die Tiefe seiner Ausfurchung ist, abgesehen von der Mächtigkeit der Eiszunge, dem Gefäll des Tals und der Zeit des Durchflusses, von der Widerstandskraft

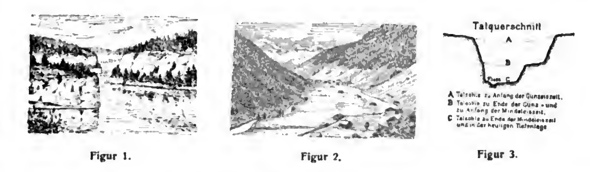
*) Salomon, Neue Beobachtungen aus den Gebieten Adamello und St. Gotthard. Sitzungsberichte der Akademie zu Berlin 1899, S. 27.

**) Blümcke, Einiges über die Vorgänge am Untergrunde der Gletscher. Ausland, 66. Band, S. 877.

***) vergl. Anmerkung 1, S. 8.

der unterlagernden Gesteinsschichten abhängig, wogegen die Art und Weise der Ausgestaltung im einzelnen auf den Wechsel von hartem und weichem Gestein, sowie auf die durch Einengungstellen, Talkrümmungen, Einmündungen anderer Eisströme, vermehrten Eisnachschub hervorgerufenen Aufstauungen zurückzuführen ist. Bei gleichartigem Gestein und ungestörtem Eisabfluss fand ein gleichmässiges Aushobeln des Tals statt, während bei wechselnden Untergrund und gehemmtem Abfluss sich alle die verschiedenen Eigenartigkeiten und Besonderheiten herausbildeten, die einem Tal heute seinen besonderen Charakter bezw. seine eigentümlichen Reize verleihen, wie: Talengen und Talweitungen, Seen, Umgehungstäler mit Inselbergen, Uebergänge zu fremden Tälern u. a. Diese verschiedenen Ausbildungsformen mögen im folgenden des näheren beschrieben werden.

Da unsere Erdrinde einen ziemlich raschen Wechsel der Gesteinschichten zeigt, so lassen sich nur wenige und nur ganz kurze Täler auffinden, welche den obengenannten Vorgang einer gleichmässigen Abhobelung der Talhänge wie der Sohle in klarer Ausbildung aufweisen.



Figur 1. Figur 2. Figur 3.

Bei längeren Flussläufen sind es stets nur verhältnissmässig kurze Strecken, welche, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, den Namen eines „idealen Tales" verdienen. Derartige Täler bezw. Talstrecken zeigen in ihrem Längenschnitt ein annähernd gleichmässiges Gefälle, im Querschnitt dagegen verschiedene Formen. Die alten Uebertäler zu Beginn der Eiszeit bestanden wohl grossenteils nur aus sanften Mulden. Diese Mulden wurden sodann von den durchwandernden Gletscherzungen zu Rinnen- oder Trogform, **U** oder **V** förmig, ausgeschliffen (vergl. Fig. 1 und 2). Jede folgende Eiszeit, bezw. jede ihrer Unterabteilungen schuf eine neue, verschmälerte und vertiefte Rinne bezw. einen weiteren kleineren Trog (vergl. Fig. 3). Entsprechend der Zahl dieser Vergletscherungsabschnitte in einem Tal lassen sich darin auch die Sohlen der einzelnen Rinnen oder Tröge, d. h. dieTalböden, welche die Gletscher zu den verschiedenen Eiszeiten hinterliesen, unterscheiden. Ueberreste dieser Böden sind insbesondere bei konvexen Talkrümmungen, in geschützten Taleinbuchtungen und an den Einmündungstellen von Seitenklingen als hochgelegene vorgebirgähnliche Hügel

oder stufenförmige Absätze der Hänge in verschiedenen Höhenlagen häufig noch vorhanden. Der Unterschied der beiden genannten Querschnittsformen hängt mit der verschiedenen Beschaffenheit, insbesondere der wechselnden Härte des Gesteins zusammen; je nachdem dieses sich senkrecht trug oder abböschte, entstand die Rinnen- oder Trogform. Dabei kann mit der Zeit die erstere in die letztere übergehen; sobald nämlich entweder die Verwitterung soweit fortgeschritten ist, dass die den bisherigen Rinnenquerschnitt bildenden Talhänge sich nicht mehr in der ursprünglichen Steilheit halten können, oder sobald die auf dem Talhang eingedrungenen Tagwasser den unterirdischen Weg nach der vertieften Talsohle gefunden und etwaige im Wasser lösliche Schichten. die in der Höhe der neuen Talsohle zutage treten, aufgeweicht haben, muss es stellenweise zu Rutschungen und Bergstürzen und damit zum Uebergang der Rinnen- in die Trogform kommen.*) Ein Mittelding zwischen beiden Formen lässt sich an vielen Tälern (z. B. in Württemberg am oberen Donautal, Fig. 4) beobachten, insofern hier am unteren Teil des Hangs die Böschungsform vorhanden ist, während oben senkrecht abstürzende Felsen in oft beträchtlicher Höhe anstehen.



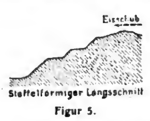
Figur 4.

Bei weitaus den meisten Tälern bewirkten der Wechsel der Gesteinsarten sowie die verschiedenen Aufstauungen, denen der Eisstrom ausgesetzt war, die Bildung von Wannen und Riegeln (nach Penck und Brückner).

Im *Längenschnitt* zeigt sich dies daran, dass die Talsohle nicht mehr mit gleichmässigem Gefäll verläuft, sondern Absätze zeigt, d. h. es wechseln ebene Strecken (Wannen), die teilweise frühere Seebecken darstellen und zur Zeit ebenfalls noch mit Seen erfüllt sind oder Sümpfe, Moore, nasse Wiesen und dergl. bilden, mit Strecken starken Gefälls (Riegeln), die infolge der durch die Eintiefung abgelösten und zerstreut umherliegenden Gesteinstücke und der dadurch hervorgerufenen Stromschnellen für den landschaftlichen Reiz des Tals zwar sehr vorteilhaft, für den Schiffverkehr auf dem Fluss aber höchst lästig sind. Die meisten heute noch bestehenden Seen lassen sich entweder als alte Schlaglöcher (also Wannen) nachweisen, welche an den Uebergängen von hartem in weiches Gestein, also stets unterhalb eines Riegels auftreten, oder als alte Reibschüsseln an Orten starker Stauung, also oberhalb des Riegels und insbesondere auch an Stellen, wo zwei Eisströme zusammenflossen und einander den Platz streitig machten. Zu der ersteren Gattung gehören, wie Penck und Brückner gezeigt haben, die Seebecken der Schweiz. Deren Ausfurchung beginnt, wenigstens in der Nordschweiz, in allmählich sich erweiternder und vertiefender Halbtrichter-

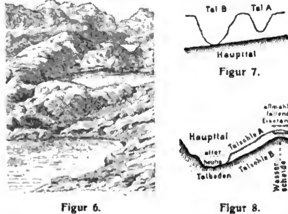
*) Penck, Dr. Die Uebertiefung der Alpentäler. Verhandlungen des VII. Internationalen Geographen-Kongresses. Berlin, 1901. Bd. II. S. 232.

form regelmässig da, wo die Gletscher aus dem Urgebirge oder den harten Alpenkalken in die weicheren Gesteinschichten des Tertiärs übertraten. Die zweite Art ist namentlich durch die überall auftretenden Seenplatten vertreten. Den Zustand der beginnenden Entstehung von Wannen und Riegeln zeigen allwärts zahlreiche kleine Seitentäler und -klingen, die eine staffelförmige Ausbildung des Längenschnitts haben (Fig. 5), ohne dass es zur See- oder Schluchtbi'dung gekommen wäre, weil das Ueberschieben des fremden Eises über die hintere Wasserscheide zu frühzeitig aufhörte.



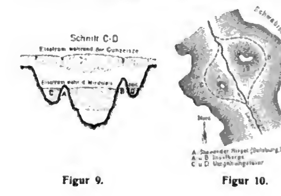
Figur 5.

Im *Querschnitt* des Tals erscheinen die Wannen als Talerweiterungen, die Riegel als Talengen. Die letzteren haben bei sehr witterungsbeständigem Urgebirgsuntergrund glatt geschliffene Sohle und Wände (vergl. Fig. 6), bei harten Kalk- und Sandsteinen zumeist schlucht- oder klammartige Gestalt. Die Sohlen der in solche Haupttäler einmündenden Nebentäler reichen, je nachdem diese Täler bloss zur älteren oder auch noch zur jüngeren Eiszeit ebenfalls von Gletscherzungen durchzogen waren entweder nur zum oberen Talboden (Fall A, Fig. 7 und 8), und stürzen dann mit einer Stufe gegen das Haupttal ab, oder aber bis zur jetzigen Sohle des Haupttals und laufen in dieses allmählich aus (Fall B in den Fig. 7 und 8).



Figur 6. Figur 8.

Kleine Querriegel von härterem Gestein, wie sie häufig in Kalkgebirgen beobachtet werden, gaben Anlass zur Ausbildung von Umgehungstälern und Inselbergen. Das durch den Riegel höher und höher gestaute Eis brach schliesslich seitlich aus, umging das Hindernis und fiel unterhalb desselben wieder ins alte Tal zurück. Es bildeten sich auf diese Weise Umgehungstellen von mehr oder minder grosser Tiefe und die Folge war, dass der natürlich mehr oder weniger abgeschliffene Riegel schliesslich als Inselberg stehen blieb. In diesem Fall erscheinen heute die Umgehungstäler als Nischen des Haupttals, während die Reste des Riegels als (zumeist kegelförmige) Inselberge in diesen Nischen sich darstellen. Dabei kann es auch vorkommen, dass der

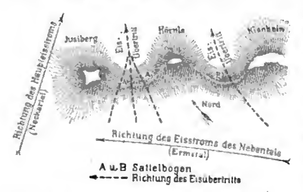


Figur 9. Figur 10.

Riegel beiderseits seitlich umgangen wurde und daher zwei Umgehungstäler mit zwei Kegelbergen entstanden (Fig. 9 u. 10). Derartige Vorkommnisse werden insbesondere auch da beobachtet, wo sich der Aufbruch eines Ergussgesteins im Tal befand Hier suchte sich das Eis seinen Weg durch die weicheren Schichten und entkleidete den grössere Widerstandskraft besitzenden, meist aus Basalt oder Trachyt bestehenden Aufbruch seiner Ummantelung und seiner Ueberlagerungen; der Inselberg blieb mitten im Tal stehen, während das Tal seitliche Ausbuchtungen zeigt (z. B. Kaiserstuhl im Rheintal, Fig. 11.)

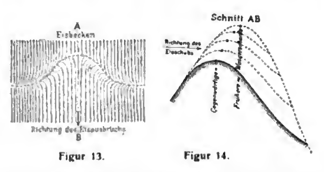
Figur 11.

Grössere Abflusshemmungen, wie sie bei Vorlagerung eines sehr widerstandsfähigen Riegels, bei scharfen Talkrümmungen und insbesondere bei Einmündung des Gletschers in einen anderen mächtigen Eisstrom entstanden, konnten einen derartigen Aufstau bewirken, dass das Eis zum teilweisen Verlassen seiner bisherigen Abflussrinne und zum *Uebertritt in fremde Täler* gezwungen wurde. Je nach den Vertiefungen des seitlichen Gebirgskamms konnten auf diese Weise eine oder mehrere, grössere oder kleinere Zungen über den Talhang hinweg in das benachbarte Tal gesandt werden. Hiedurch entstanden zumeist ebenfalls Inselberge, die aber nicht in einer Nische des Tals, sondern auf der Landzunge zwischen beiden Tälern liegen und mit dem talaufwärts gelegenen Gebirgstock durch „Sattelbögen“ verbunden sind. Da hiebei stets der schwächere Eisstrom vom stärkeren, tiefgründigeren zum Aufstau und Uebertritt gezwungen wurde, so kann aus der Lage und der Art der Angliederung des Inselbergs an den Gebirgstock auf die überwiegende Mächtigkeit des einen oder andern Eisstroms geschlossen werden, insoweit die Uebertrittsstelle nicht etwa von einem dritten Gletscherstrom beeinflusst wurde (vergl. Fig. 12).



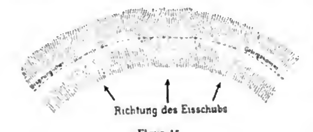
Schematische Darstellung eines Talnetzes
Figur 12.

Die *Richtung* in welcher das Eis von einem Tal über die Wasserscheide in ein benachbartes übertrat, ist dann immer mit Sicherheit festzustellen, wenn die Uebertrittsstelle nicht in mächtigem Stau lag oder nicht bis auf die Talsohle herab ausgefurcht worden ist. Die Wasserscheide wird nämlich, wie dies die Figuren 13 und 14



Figur 13. Figur 14.

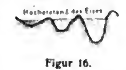
zeigen, durch die Abhobelung des Eises zugleich in der Richtung des Aufstaus nach rückwärts verschoben, d. h. die Linie der Wasserscheide wird an der Uebertrittsstelle zwischen dem Inselberg und dem festen Erdpfeiler (bezw. wie Fig. 15 zeigt, bei fächerförmiger Aneinandereihung mehrerer Eisübertrittstellen auch zwischen den verschiedenen Inselbergen) zu einer passartig vertieften, gegen das Eisbecken eingezogenen Kurve umgebildet, oder: es entsteht in der Richtung des Eisausbruchs jeweils ein stark konkaver, in der Mitte erniedrigter Halbtrichter.



Figur 15.

Die *örtliche Ursache* für den Eisübertritt an einer bestimmten Stelle des Talhangs ist entweder im Anstehen weicherer Gesteinsarten oder im Vorhandensein grösserer oder kleinerer Vertiefungen des Höhenrückens zu suchen. Die kleinsten Unebenheiten und Einsenkungen des Kamms konnten zum Uebertritt von Gletscherzungen und damit weiterhin zur Aushobelung tiefer Klingen an dem jenseitigen Talhang Anlass geben.

Der *Vorgang des Uebertritts* gestaltete sich so, dass das Eis in der von der Kammvertiefung ausgehenden diesseitigen Mulde bis zur Wasserscheide aufwärts geschoben wurde, die letztere überschritt, vertiefte und zugleich rückwärts verlegte, auf der andern Seite abstürzte und dabei auf dem jenseitigen Talhang bei härterem Gestein tiefeingeschnittene Klingen, bei weicherem Untergrund mehr oder weniger mächtige Hangnischen sog. „Schlaglöcher“ ausfurchte. Bei derartigen Uebertrittstellen bekunden an der Zulaufseite runde, steilwandige Becken oder halbtrichterförmig talauf gerichtete Mulden, an der Ablaufstelle rasch sich vertiefende, bald Trogquerschnitt annehmende Klingen und weiterhin sich anschliessende tiefe Talweitungen die Kraft des Eisschubs. Der Uebergang vom aufsteigenden zum abfallenden Ast tritt nie unvermittelt ein; an der Wasserscheide bilden sich — auch bei hartem Gestein — stets zwei flach geneigte Ebenen; die Aufstiegebene ist, soweit sie flache Neigung hat, meist etwas länger als die Ablauffläche. In allen Fällen, in denen bei einem langgestreckten gleichmässigen Gebirgskamm von beiden Seiten her die Furchen oder Klingen je auf einen Punkt des Rückens, einen Pass zulaufen, ist dessen Bildung unzweifelhaft auf Eis zurückzuführen.

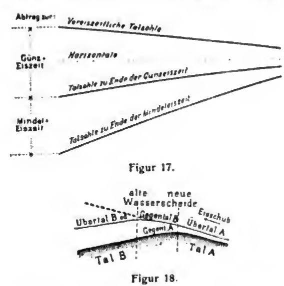


Figur 16.

Schliesslich geben diese Uebertrittsstellen auch noch ein Mittel an die Hand, um annähernd die *Höhe der* im Tal geflossenen *Eismassen* zu bestimmen. Je kleiner und unscheinbarer nämlich eine solche Stelle aussieht, umso geringer war die Mächtigkeit des darüber geflossenen Eisstroms und umso genauer gibt ihre heutige Höhenlage den Höchststand des zuletzt darüber hinweg gegangenen Gletschers wieder (vergl. Fig. 16).

2. Talumkehrung.

Unter Talumkehrung soll der Vorgang verstanden sein, bei welchem Gletscherströme durch ihren Uebertritt über die Wasserscheide diese in der eben geschilderten Weise erniedrigten sowie zurückverlegten und dadurch in dem zwischen der früheren und der nunmehrigen Scheide liegenden Stück, das sich bisher dem Eisschub entgegen entwässerte, die umgekehrte Abflussrichtung schufen (vergl. Fig. 17 und 18).



Figur 17.

Figur 18.

Entsprechend den oben unter 1 (Talvertiefung) eingeführten *Bezeichnungen* möge in dem vorstehenden Fall der Talumkehrung — wo also die voreiszeitliche und die an derselben Stelle liegende neuzeitliche Talrinne sich nach verschiedenen Richtungen entwässern — für diese beiden entgegengesetzten Abflussverhältnisse wechselweise die Benennung „Gegental" (bezw. „Gegenfluss") gewählt werden. Als Beispiel hiefür sei das obere Remstal angeführt, das früher zum Abflussgebiet der Aal gehörte, sich also nach Osten entwässerte. Die heutige Rems und der früher an derselben Stelle (aber höher) liegende Fluss (die Fortsetzung der heutigen Aal) stehen somit im Verhältnis von Gegenflüssen zu einander. Von der Gegenwart ausgehend ist die heutige Rems als Gegen-Aal zu bezeichnen, während von der Eiszeit aus die alte Aal als Gegen-Rems erscheint (vergl. Dritter Abschnitt B. III. 2 Nordalpiner Gletscher und Fig. 19—20).

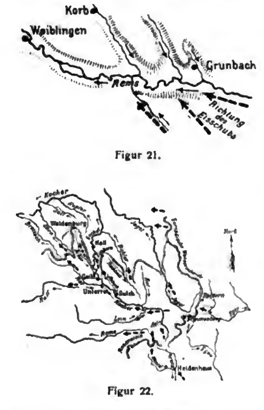


Figur 19.

Figur 20.

Als *Erkennungszeichen,* dass an einer bestimmten Stelle eine Talumkehrung stattgefunden hat, dient vor allem der Umstand, dass in diesem Fall heutzutage zwei Täler mit annähernd entgegengesetzten Richtungen in einander übergehen, dass sie an der Wasserscheide wie abgeschnitten, ohne Talabschluss, ohne Talhintergrund endigen, d. h. einen „Pass" bilden und daher von Strassen, Eisenbahnen und Kanälen mit Vorliebe zum Uebergang benützt werden. Auch zeigen die Nebentäler des umgekehrten Tals vielfach noch die ursprüngliche Abflussrich-

tung, die sie trotz der veränderten Gefällsverhältnisse des Haupttals nicht verloren haben (vergl. Fig. 21). Dadurch entstehen oft ganz eigentümliche hydrographische Verhältnisse, die ohne Zuhilfenahme von Eis nicht, oder nur unter der Voraussetzung der eigenartigsten Gebirgschollenbrüche erklärt werden können. Ein Beispiel hiezu liefert Figur 22, in welcher das mittlere Kochergebiet dargestellt ist. Während der Kocher selbst die Nordrichtung verfolgt, fliessen die Rot und Biber gegen Süden. Diese entgegengesetzten Abflussrichtungen erklären sich ohne weiteres daraus, dass das Kochertal, das ursprünglich ebenfalls nach Süden sich entwässerte, auf seine ganze Ausdehnung, die Rot und Biber dagegen nur teilweile umgekehrt wurden. Hätte die Eiszeit noch länger angedauert, so wären zweifellos Rot und Biber noch weiter zu gunsten von Brettach und Ohrn gekürzt worden und im weiteren Verlauf hätten schliesslich zwischen der Brettach und der Rot, sowie zwischen der Ohrn und der Biber jeweils in der Nähe der Mündung in den Kocher ähnliche Talgebilde entstehen müssen, wie z. B. zwischen Brenz und Kocher, wo in einem und demselben durchgehenden Taleinschnitt zwei Flüsse nach verschiedenen Richtungen abfliessen (Fig. 23).



Figur 21.

Figur 22.

Die *Ausbildung* einer derartigen Umkehrung konnte naturgemäss nicht auf einmal erfolgen, sondern musste, bei der Wasserscheide beginnend, Schritt für Schritt rückwärts schreiten. Sie war von vornherein da am meisten begünstigt, wo zwei voreiszeitliche Mulden in annähernd entgegengesetzter Richtung auf einen Punkt der beiderseitigen Wasserscheide zuliefen. Die Umkehrung erfolgte sodann durch allmähliche Abtragung der Wasserscheide. Diese Abtragung konnte nun entweder durch unmittelbares Ueberfallen von talaufwärts geschobenem Eis stattfinden, wobei der Vorgang in einem allmählichen, mehr oder weniger gleichmässigen Abhobeln bestand, oder durch seitliche Einpressung von Eis in der Nähe der Wasserscheide, wobei letztere stückweis abgetragen wurde.



Figur 23.

Die häufigste Art der Umwandlung eines voreiszeitlichen in ein entgegengesetzt gerichtetes neuzeitliches Tal ist, wie erwähnt, die, bei welcher

die Gletscherströme zur Günz- und Mindeleiszeit in bestehenden Flusstälern talaufwärts bis in deren Quellgebiete und weiterhin über die Wasserscheide hinüber in die jenseitigen Täler geschoben wurden (vergl. S. 15).

An derartigen Uebertrittstellen bildete sich hinter der Wasserscheide vermöge der lebendigen Kraft der abstürzenden Wasser- und Eismassen eine der Höhe des jenseitigen Absturzes oder dem Gefäll des jenseitigen Tals, sowie der Grösse der überstürzenden Massen, der Zeitdauer des Ueberfliessens und der Widerstandsfähigkeit des Untergrunds entsprechende, breite und tiefe Auskolkung, ein *„Schlagloch“* aus und anschliessend an dieses Schlagloch wurde entweder eine ganz neue Talfurche geschaffen, in der die Eismassen abfliessen konnten, oder die bereits bestehende Mulde rasch vertieft und in Form eines spitzen Winkels erbreitert, so dass die Talhänge nach unten bald weiter auseinander traten (vergl. Fig. 24 und 25). Durch Vergrösserung des Schlaglochs wurde allmählich die alte Wasserscheide unterspült und bröckelte ab, oder mit anderen Worten: das Schlagloch und damit die Wasserscheide wanderte nach rückwärts und zwar um so weiter, je länger das Ueberfliessen des Eises stattfand. Hiedurch wurde der alte Oberlauf des diesseitigen Tals, (in welchem das Eis aufwärts geschoben wurde) nach dem jenseitigen Tal entwässert oder in den Oberlauf des jenseitigen umgekehrt. Der nunmehrige Talabschnitt zwischen der alten und neuen Wasserscheide wurde somit gegenüber früher zum „Gegental“ und umgekehrt: das alte Tal war gegenüber dem heutigen ein „Gegental“ (Fig. 17 und 18). Je weiter sich dieser Vorgang nach rückwärts fortsetzte, um so mehr wurden die Unterschiede im Gefäll ausgeglichen, so dass bei grösseren Talumkehrungen die Wasserscheiden vielfach versumpft sind und die Tagwasser nach starken Niederschlägen öfters nach beiden Richtungen abfliessen. Auf diese Weise entstanden z. B. die „Durchbrüche durch die Alb“ zwischen Tuttlingen und Spaichingen, wo aus dem südlich zur Donau gehenden Ueber-Faulenbachtal zunächst ein Gegen-Faulenbachtal bezw. Ueber-Primtal und schliesslich das heutige Primtal geworden ist (vergl. Fig. 26), sowie zwischen Heidenheim und Aalen, wo die südlich fliessende Ueber-Brenz sich früher ebenfalls weiter nach Norden ausdehnte und allmählich in die Gegen-Brenz oder den Ueber-Kocher und sodann den heutigen Kocher umgewandelt wurde (vergl. Fig. 23).



Figur 24.

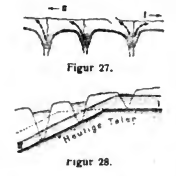
Figur 25.

Figur 26.

Sobald nun der geringste Nachlass im Eisschub eintrat, mussten die im ganzen diesseitigen Talgebiet aufgehäuften Eismassen in *rück-*

läufige Bewegung geraten. Hiedurch wurden solche Täler — wenn auch mit ungleicher Macht — nach beiden Richtungen von Eisströmen durchflossen. Während nun in Flusstälern, die nur in einer Richtung von Eis durchzogen wurden, die am Hang anstehenden Felsen eine einseitige Abhobelung zeigen, wurden etwaige Felsen in den eben beschriebenen Tälern nach zwei entgegengesetzten Richtungen abgeschürft, wobei allerdings die Wirkung des rückwärts strömenden Eises naturgemäss eine viel geringere war. Im übrigen stellt sich die Abhobelung des Gesteins je nach der Stärke und Dauer der Eisströme und der Widerstandskraft der Felsen als verschieden gross dar; auch konnte es vorkommen, dass die Wirkung in der einen oder andern Richtung durch örtlichen Stau oder infolge besonders geschützter Lage nicht voll zur Geltung kam. So sind in Tälern, die nahe der Grenze des Eisschubs zur Günzeiszeit liegen (wie z. B. in dem zum Brenzgebiet gehörigen oberen Wental) und in denen die Menge der aufwärts geschobenen und abwärts geflossenen Eismassen verhältnissmässig gering war, in der Talsohle als Hangüberreste vollständig freistehende Felskegel vorhanden. In denjenigen Tälern und Talstrecken dagegen, wo die nach zwei Seiten gerichtete Eisbewegung eine kräftigere war oder wo gar der nämliche Vorgang sich mehrmals nach einander zur Günz- und Mindeleiszeit (mitsamt ihren Unterabteilungen) abspielte, sind die Talhänge entweder vollständig glatt gehobelt oder es geben nur noch unbedeutende Steinräuhen oder niedere Felsgrate, die sich senkrecht am Hang hinaufziehen, den Standort früherer Felskämme an (z. B. unteres Brenztal oder Umgebung von Münsingen).

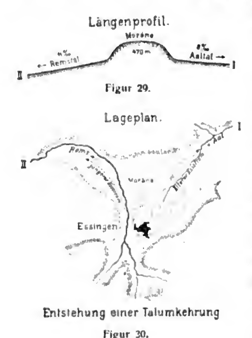
Ausser der bisher geschilderten Art der Talumkehrung durch unmittelbar talaufwärts geschobene Gletscher, konnte die Abtragung der Wasserscheide auch stückweise durch s e i t l i c h eingedrungenes Eis erfolgen. Dabei ist übrigens zu bemerken, dass diese zweite Art (wie z. B. im oberen Neckartal) auch mit der ersteren vereint sein konnte, wodurch der Vorgang der Talumkehrung beschleunigt wurde.



Figur 27.
Figur 28.

Wenn nämlich in der Nähe eines Passes (vergl. Fig. 27 und 28) an der Wasserscheide zweier Flüsse I und II ein von einem Gletscherstrom durchzogenes Nebental in den Oberlauf des Tals I einmündet, so kann der Gletscher bei zunehmender Stärke auch eine Zunge in das andere, entgegengesetzt gerichtete Tal II absenden. Hat letzteres stärkeres Gefäll als dasjenige, dem der Hauptgletscher bisher folgte, oder sind die Bodenverhältnisse in Tal II der Abtragung günstiger als in Tal I, so wird der die Wasserscheide überschreitende Gletscherarm den Pass rasch vertiefen, die Wasserscheide verlegen und den

oberen Teil des Tals I nach dem zweiten entwässern. Folgen nun entlang der Gefällsrichtung des Tals I mehrere Gletscher führende Nebentäler derart aufeinander, dass die Oberkante des Eises im untenliegenden Tal die Sohle des obenliegenden Tals übersteigt, so kann die Wasserscheide mit der Zeit Stück für Stück abgetragen, die Abflussrichtung des Tals I zunächst streckenweise und zuletzt auf die ganze Länge umgekehrt und der Fluss auch auf diese Weise zum „Gegenfluss" werden. Diesen Vorgang stellen die Figuren 29 und 30 dar, wonach zur Mindeleiszeit die über die Alb geschobenen Eismassen sich anfangs ins Aaltal, später ins Remstal ergossen. Früher hat sich der nämliche Vorgang weiter westlich abgespielt, wie die Bodengestaltung der Mündungstellen der Klingen von Lautern und Heubach (Fig. 19) aufs deutlichste zeigt.*) Es besteht daher für jeden heutigen Flusslauf, der eine Reihe in kurzem Abstand auf einander folgender Nebentäler hat, die früher mit Gletscherzungen erfüllt waren, zum mindesten eine grosse Wahrscheinlichkeit, dass er gegenüber früher ein Gegenfluss ist.



Figur 29.

Entstehung einer Talumkehrung

Figur 30.

3. Talumknickung.

Sehr viele der heute noch vorhandenen Flussbiegungen treten völlig unvermittelt auf, ohne durch Gesteinwechsel, Schichtenstörungen, Verwerfungspalten und dergl. nachweisbar begründet zu sein. In allen den Fällen, in welchen die inneren Verhältnisse der Erdrinde keinen zureichenden Grund für derartige Erscheinungen abgeben, können die Ursachen nur in gewaltigen äusseren Vorgängen liegen, den Eisströmen, welche das Tal seinerzeit durchwandert und zu der heutigen Form ausgebildet haben.

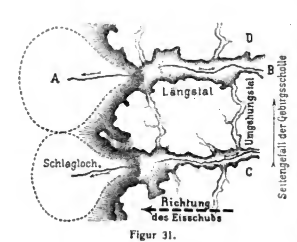
Als *Bezeichnung* möge hier der Ausdruck „Quertal" und „Querfluss" eingeführt werden, der wiederum wechselweise anzuwenden ist, insofern die beiden Talabschnitte, der neue und der alte, gegenseitig zu einander quer gerichtet sind.

Die *Entstehung* einer Talknickung ist oft aufs engste mit der eben besprochenen Talumkehrung verknüpft. Gar häufig ist es nur ein Vorgang, der in engerem Rahmen bloss zur Talumkehrung, in grösseren und mannig-

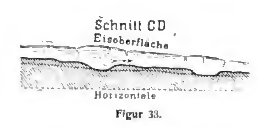
*) In den Alpen bildet die Verkürzung des Oberengadins ein bezeichnendes Beispiel. Der Fluss Mera ist als Gegen-Inn zu bezeichnen und der Gletscher des Forno-Tals, der die bekannten Gletschermühlen von Maloja erzeugte, ist nach dem Bergell durchgebrochen.

facheren Verhältnissen dagegen weiterhin auch zur Talumknickung führt. Es mögen indes im Interesse grösserer Klarheit und genauerer Schilderung beide Fälle gesondert behandelt werden. Im nachfolgenden werden 4 Arten der Entstehung unterschieden, nämlich: durch Ausbruch gestauten, mit Eistafeln und zusammengefrorenen Erdklumpen erfüllten Wassers, durch Bildung von Schlagrinnen infolge abstürzender Eismassen, durch Vertiefung von Eisübertrittstellen bis zur Talsohle herab und schliesslich durch Zusammenfliessen zweier Gletscherzungen.

Bei dem oben besprochenen Talaufwärtswandern von Gletscherzungen wurde das dem Eisstrom entgegenfliessende W a s s e r, sofern es nicht durch die stetige Berührung mit dem Gletscher selbst zu Eis erstarrte, dem Fortschreiten der meist auch den ganzen Talhang und die anschliessende Hochfläche überdeckenden Eismassen entsprechend, bis auf die obere Höhe des Talhangs gestaut. Dieses gestaute Flusswasser wurde teils durch den zunehmenden Druck in die Klüfte und Sprünge des unterlagernden Gesteins eingepresst, wo es zu Auslaugungen, Spaltenvergrösserungen und Höhlenbildungen, sowie zur Auflösung und Zerstörung der Gesteine wesentlich beitrug (Fig. 63 und 64), teils zum offenen Abfluss über den Talhang hinüber gezwungen, wobei es, je nach dem Seitengefäll der Gebirgscholle des Gesamtflussgebiets, nach der einen oder anderen Richtung weiterfloss und, unter wesentlicher Mitwirkung von abgelösten Gletscherteilen, je nach der Bodenbeschaffenheit der unterlagernden Schichten mehr oder weniger tiefe Rillen entlang dem jeweiligen Gletscherende ausfurchte (Fig. 31—33.) Die Richtung dieser Umgehungsrillen muss demnach ungefähr senkrecht zum Eisschub, oder quer zu den parallelen Längstälern verlaufen, in welchen das Eis aufwärts geschoben wurde. Mit dem Vorschreiten des Gletschereises in den Längstälern wurden auch die durch das eisvermengte Wasser ausgefurchten Quertäler jeweils mit Eis ausgefüllt und der eben geschilderte Vorgang wiederholte sich weiter oben in den Paralleltälern. Hatten diese eine grössere Längenausdehnung, so entstand hiebei ein vollständiges Netz von eiserfüllten Längs- und Quertälern, bis schliesslich, zuerst das Stauwasser, hernach das Gletschereis, die hinterste Wasserscheide der Paralleltäler überschritt. Mit dem Nachlass des Eisschubs und der dadurch bedingten Rückwärtsbewegung der in den voreiszeitlichen Tälern aufgestapelten Eismassen trat das erwähnte Netz von Längs- und Quertälern in umgekehrter Reihenfolge wieder in Wirksamkeit und die abfliessenden Schmelzwasser schwemmten einen grossen Teil der schlammigen Niederschläge ab, weshalb in diesen Tälern heute nur wenige quartäre Ablagerungen gefunden werden. Ob derartige Quertäler so tief ausgefurcht wurden, dass später eine Flussknickung entstehen konnte, oder ob sie sich bloss zu unbedeutenden Rillen ausbildeten, hing ganz von den örtlichen Verhältnissen ab. Auf der



Figur 31.



Figur 32.

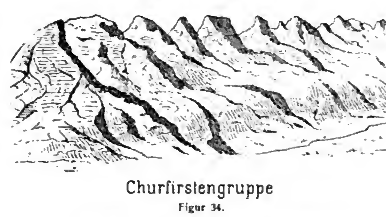
Schnitt CD
Eisoberfläche
Horizontale

Figur 33.

schwäbischen Alb sind viele solche Rinnen zu erkennen, die annähernd senkrecht zu einem heutigen Flusstal verlaufen, aber in der Regel bloss schwach eingeschnittene Trockentäler darstellen (Fig. 31—33).

Weiterhin konnte eine Flussumknickung erfolgen durch Auskolkung einer Schlagrinne, die natürlich ebenfalls ungefähr senkrecht zum Eisschub gerichtet war. Eine solche entstand bei aufwärts wanderndem Eis durch Abfall über die alte Wasserscheide, bei abwärts fliessenden Gletschern dagegen mit dem Uebertritt aus härterem in weicheres Gestein, insbesondere in die weit verbreiteten tertiären Ablagerungen.

Wenn bei dem oben erwähnten *Aufwärtswandern* eines Gletschers das Eis in mehreren parallelen Tälern die jeweilige Wasserscheide überschritt, so konnte bei geringer Entfernung dieser Täler durch eine Aneinanderreihung mehrerer Schlaglöcher eine Schlagrinne entstehen, welche unter Umständen so tief ausgekolkt wurde, dass in ihr eine neue Abflussrinne nach der einen oder anderen Richtung entstand, die quer zu den alten Paralleltälern lag, so dass ein später sich bildender Flusslauf bei seinem Uebertritt vom alten Paralleltal in die Schlagrinne heute eine mehr oder weniger rechtwinklige Knickstelle aufweisen muss. In der Entstehungsweise solcher Schlagrinnen ist es begründet, dass die neue Wasserscheide im Lageplan die Form von Zacken (Fig. 25), oder Blumengehängen (Fig. 13) annimmt, deren Einbiegung der Richtung des Eisschubs entspricht (vergl. S. 15). Ein Beispiel bildet die in den Figuren 34 und 35 dargestellte Berggruppe der Churfirsten im Kanton St. Gallen. Der Rheintalgletscher floss bekanntermassen früher von Sargans in der Richtung gegen Westen über den heutigen Walen- und Züricher See hinweg. Das eine Oberfläche zu Beginn der Eiszeit die Höhe der Spitzen der Churfirstenkette überstieg, entsandte er einzelne Uebereichzungen nach den im Norden vorgelagerten Falten.



Churfirstengruppe

Figur 34.

Figur 35.

Eine Hauptübertrittstelle, die sich mit der Zeit entweder infolge allmählicher Auskolkung oder wahrscheinlich infolge plötzlichen Durchbruchs (vergl. Fünfter Abschnitt, A, Rheintal), bis unter die heutige Rheinsohle vertiefte, lag wohl von Anfang an über dem heutigen Rheintal selbst, nordöstlich von Sargans. Ueber der Churfirstenkette dagegen mögen sich eine grössere Anzahl kleiner Uebertrittstellen befunden haben. Die darüber hinweg gedrückten Eiszungen nagten Pässe von untergeordneter Bedeutung aus, gaben der Wasserscheide im Längenschnitt ein zackenförmiges, im Querschnitt ein kanapeeförmiges Aussehen (Fig. 34) und im Lageplan die Form von Festons (Blumengehängen, Fig. 35) und kolkten bei ihrem Abfalle jenseits der Wasserscheide Schlaglöcher aus, die sich durch Aneinanderreihung zu einer Schlagrinne, die heute durchgehend erscheinenden Turtalstrecke Wildhaus-Stein ausbildeten. Die mehr oder weniger rechtwinkligen Einmündungen der Nebentäler in das Haupttal, stellen sich als vollständige Talknickungen dar. Wären die Durchbrüche bei Feldkirch und Götzis nicht erfolgt, so hätte sich mit der Zeit der Abflussquerschnitt der Schlagrinne wohl wesentlich vergrössert und der Rhein würde heute in scharfer rechtwinkliger Krümmung nördlich von Sargans in das Turtal übertreten (vergl. Fünfter Abschnitt, A, Rheintal)*).

Die Schlagrinnen, welche unter entsprechenden Umständen wie oben, von *abwärtswandernden* Eisströmen an den Stellen erzeugt wurden, wo die

*) Hiebei sei noch besonders auf die Fignr 34 aufmerksam gemacht, die dem Mayer'schen Konversationslexikon (Bergformen) entnommen ist und am linkseitigen Talhang einen ruhebettähnlichen Absatz, den Rest des Talbodens der „Ueber-Tur" zeigt.

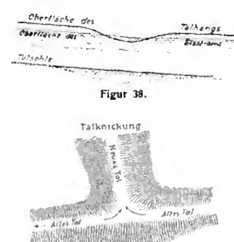
Ströme aus härterem Gestein in weiche Ablagerungen übertraten, sind insbesondere am Fuss der Alpen in deutlicher Ausbildung zu sehen. Entlang den Ketten der Westalpen (Fig. 36), stellen die Täler des Doubs, der Saone, sowie der unteren Rhone, entlang des Karpathenzugs (Fig. 37), die Furchen des Dnjester, Prut, Seret derartige Schlagrinnen vor. Sobald eine solche Schlagrinne derart tief ausgekolkt war, dass das Eis den jenseitigen Hang nicht mehr zu erklimmen vermochte, stellte sich in ihr ein neuer Abfluss her und dementsprechend wurden die alten Wasserläufe abgeschnitten und umgeknickt, wie dies die Oberläufe der genannten Flüsse zeigen.

Figur 36.

Eine dritte Art der Entstehung von Flussknickungen ergibt sich durch Vertiefung von Eisübertrittstellen. Hiebei ist vorausgesetzt, dass in der Nähe des Tals, in dem der Haupteisschub stattfand, ein anderes Tal vorhanden war, das entweder an und für sich tiefer lag oder wenigstens aus irgend welchen örtlichen Gründen einen niedrigeren Eisstand aufwies als das Haupttal. Wenn nun in dem Haupttal eine Gletscherzunge abwärts floss, die entweder an Mächtigkeit zunahm oder durch eine Talenge (Riegel) gestaut wurde, konnte sie an einer Stelle des Talhangs so hoch ansteigen, dass ein Uebertritt über den Hang stattfand. Durch das übertretende Eis wurde der alte Talhang rasch abgehobelt und das Eis floss ins tiefere Tal. Der später, nach Rückgang der Gletscher im Haupttal sich bildende Wasserlauf folgte diesem Ausbruch, so dass der heutige Fluss an der betreffenden Stelle in scharfem Winkel umgebogen erscheint (Fig. 38 und 39).



Figur 37.

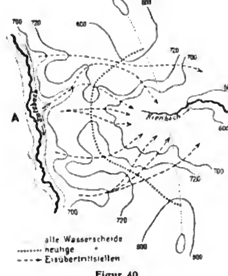


Figur 38.

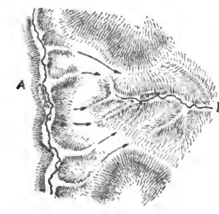
Entstehung einer Talknickung

Figur 39.

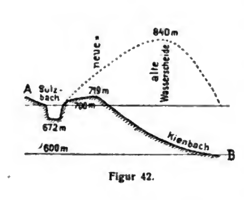
Als Beispiel für diese Art der Umbiegung möge ein Ausschnitt der badischen geologischen Karte Hornberg - Schiltach und der entsprechenden topographischen Karte wiedergegeben werden (Fig. 40—42), der die Eisübertrittstelle des *Sulzbachgletschers* in das Kienbachtal zur Mindeleiszeit darstellt. Hiebei erfolgte das Ueberfliessen in



Figur 40.



Figur 41.



Figur 42.

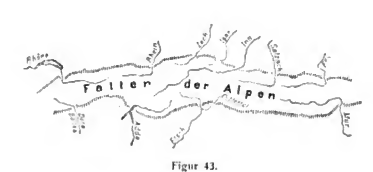
9 verschiedenen Armen; auch ist die Erniedrigung und Zurückverlegung der Wasserscheide gegen das eiserfüllte Sulzbachtal deutlich zu erkennen (vergl. S. 15 und Fig. 13 und 14); wenn die Eiszeit noch länger angedauert hätte, wäre der Sulzbach in rechtem Winkel ins Kienbachtal ausgebrochen, d. h. zum Quer-Sulzbach geworden.

Aehnliche Betrachtungen lassen sich auch an anderen Flüssen anstellen, z. B. an der *Donau*, wo zwischen Tuttlingen und dem oberen Neckar (Fig. 26), zwischen Lauingen und dem oberen Kocher (Fig. 23), sowie an zahlreichen sonstigen Punkten bei längerer Dauer der Eiszeit die Gefahr nahe gerückt war, dass sich die Eisübertrittstellen bis auf die Talsohle herab eintieften, wodurch die gesamte Donau in eine grössere Zahl von Querflüssen aufgelöst worden wäre.

Auf die eben angegebene Art entstanden und vertieften sich auch die zahlreichen „Quertäler" von *Faltengebirgen*, die überall da auftraten, wo die Trennungsketten der Falten (Riegel) nicht einfach durch den stetig wachsenden Eis- und Wasserdruck der Falten abgeschoben bezw. umgekantet oder durch Frost gesprengt wurden.*) Zur vollkommenen Würdigung dieser mächtigen Wirkungen des Eises ist daran zu erinnern, dass die voreiszeitlichen Flussgebiete und Längstäler von Faltengebirgen sich infolge eines übermässig starken Eiszuflusses und eines an der ursprünglichen Mündungstelle durch besonders widerstandsfähige Riegel beeinträchtigten Abflusses nach und nach bis zum Ueberlaufen anfüllten, so dass der Eisübertritt in fremde Täler unter Umständen an mehreren Stellen zugleich stattfand, dass die Ketten durch die oft mehrere hundert Meter hoch aufgestauten Eismassen öfters (in ähnlicher Weise wie künstliche Staumauern)

*) Zum leichteren Verständnis derartiger Vorgänge möge daran erinnert werden, dass zum Beispiel die Bruchfestigkeit des Granits auf Druck etwa 1000 kg, auf Biegung und Schub nur etwa 80 kg und auf Zug gar nur etwa 45 kg auf 1 qcm beträgt.

plötzlich durchbrochen wurden, dass die alsdann frei gewordenen, Milliarden von Kubikmeter messenden Eismassen verhältnissmässig grosse Geschwindigkeit erlangten, dass in die Eismassen Gesteinstücke verschiedenster Grösse eingepresst waren, welche selbst die härtesten ruhenden Gesteine in hohem Masse anzugreifen vermochten, dass insbesondere der Entleerung der in der ersten Falte aufgestapelten Eismassen weitere Eisdurchbrüche folgen mussten, indem die stehengebliebenen Trennungswände der Falten nunmehr einem einseitigen Druck ausgesetzt waren, dem sie auf die Dauer nicht standhalten konnten, und dass daher die unteren Talstrecken mehrmals sich wiederholenden mächtigen Eisdurchwanderungen ausgesetzt waren. In dieser Weise wurden bei den eigene Gletscher besitzenden Gebirgen die Längsketten durchbrochen und die Vorberge erniedrigt oder ganz abgetragen. Die stehengebliebenen Kämme der zentral gelegenen Gebirgsketten, die heute eine Aneinanderreihung von Zinken und Pässen bilden (Fig. 34), zeigen deutlich an, an welchen Stellen einstmals Uebertritte der in den Furchen aufgestapelt gewesenen Eismassen stattfanden. Dabei ist ausserdem mit Sicherheit anzunehmen, dass kein Gipfel mehr zu finden ist, der heute noch in den Bereich der einstigen Oberfläche emporragt. Pässe und Gipfel sind ein deutliches Abbild des Kampfes beim Uebertritt des Eises von einer übervollen Falte in die davorliegende. In den Faltengebirgen zeigen daher nach dem vorhergehenden in der Hauptsache nur die Strecken des Oberlaufs der Hauptflüsse noch die ursprüngliche, der voreiszeitlichen Bodenoberfläche entsprechende Richtung, während die heutigen Unterläufe dadurch entstanden sind, dass irgend eine der vielen Eisübertrittstellen sich zufällig mehr vertiefte als die andern und somit jetzt als breites Quertal die vorgelagerten Faltenzüge durchbricht. Von den zahllosen Beispielen dieser Art sei in den Alpen nur auf das Rhone-, Rhein-, Lech-, Isar-, Inn-, Salzach-, Enns-, Mur-, Dora Baltea-, Adda-, Etsch-, Pustertal verwiesen (vergleiche Fig. 43). Für die Aufeinanderfolge derartiger Durchbrüche bietet das Rheintal bei Rheineck-Bregenz, Feldkirch, Sargans u. s. w. deutlichen Beweis; neben Teilen des Haupttals wurden durch diese Durchbrüche die Falten der Bregenzer Aach, der Jll, der Landquart angezapft und vertieft (ver-



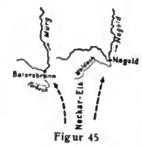
Figur 43.



Figur 44.

gleiche Fig. 44*). Bei allen diesen Durchbrüchen hing es des öfteren von ganz untergeordneten Nebenumständen ab, dass sie gerade an der einen Uebertrittstelle erfolgten, und es lag an mehr als einer Stelle für den derzeitigen Fluss die Möglichkeit ganz nahe, dass er eine wesentlich andere Abflussrichtung erhalten hätte.**)

Schliesslich sei noch eine vierte sehr häufige Entstehungsart von Talumknickungen erwähnt, welche beim Zusammenfluss zweier Gletscherzungen beobachtet werden kann. Der Vorgang beruht darauf, dass aus irgend welchen örtlichen Gründen im Nebental ein mächtigerer Eisschub sich einstellte als im Haupttal. Beim Zusammentreffen beider Zungen musste alsdann der stärkere Eisstrom des Nebentals den schwächeren des Haupttals entweder ganz in seine Gefolgschaft nehmen, oder wenigstens so weit von seiner ursprünglichen Richtung abdrängen, als der aus den beiderseitigen Stärkeverhältnissen sich ergebenden Mittelrichtung entsprach. Wenn sich dann später im Haupttal der alte Flusslauf wieder herstellte, so konnte dieser nicht mehr seinen alten geradlinig anschliessenden Unterlauf benützen, weil sich inzwischen der obere Teil des Tals wesentlich vertieft hatte; vielmehr war er genötigt, dem neuen, durch das Eis gebrochenen Weg zu folgen, womit die Flussknickung gegeben war. Beispiele dieser Art finden sich allerorts in zahlloser Menge, aus der nur das der Nagold



Figur 45

herausgegriffen werden möge (Fig. 45). Das alte Tal verlief von Nagold an in geradliniger Fortsetzung des Oberlaufs annähernd westöstlich. Durch das von Süden her vorgeschobene Eis des Neckargletschers (vergl. Dritter Abschnitt B, III, 2), wurde, der bisherige Flusslauf durchschnitten und der heutige Unterlauf der Nagold von Nagold bis Pforzheim als neue Rille ausgefurcht, welcher später der Fluss

*) Im kleinen wird z. B. das west-östlich streichende Faltental zwischen Monte Rosa und Gornergrat heute von der Mattervisp senkrecht in nördlicher Richtung durchbrochen. Die ungefähre Stelle der Hotel Riffelberg nnd Schwarzsee stellt wohl einen günzeiszeitlichen Talboden dar, während der Zermatter Talkessel erst zur Mindeleiszeit ausgetieft wurde. Das Matterhorn erscheint hienach als letzter Rest einer günzeiszeitlichen Talwand.

In ganz ähnlicher Weise ist im Berner Oberland die nordöstlich streichende Falte (oberstes Lauterbrunnental — Kleine Scheidegg — Grosse Scheidegg) an zwei Stellen bei Lauterbrunnen durch die Weisse- und unterhalb Grindelwald durch die Schwarze Lütschine je in nordwestlicher Richtung durchbrochen. Auch hier werden Mürren und Wengeralp ungefähr der günzeiszeitlichen Talaustiefung entsprechen, während der Trogquerschnitt des Lauterbrunnentals sich erst zur Mindeleiszeit gebildet haben wird.

Um schliesslich noch ein weiteres, gut bekanntes Beispiel zu erwähnen, mag daran erinnert werden, dass zur Zeit, als der Schweizer Jura von Eis überflutet wurde, das ausbrechende Rhoneeis noch über die ca. 2000 m hohen Rochers de Naye bei Montreux geschoben worden sein mag und dort jene bekannten wilden Felsengebilde erzeugte.

**) Vergl. Rhein-Durchbruch bei Sargans (S. 23 und Fünfter Abschnitt A, Rheintal) und Ausbruch des Sulzbachs ins Kienbachtal (S. 25).

folgte, so dass heute der Ober- und Unterlauf vollständig quer zu einander liegen oder die Nagold rechtwinklig umgebogen erscheint. Ganz ähnliche Verhältnisse zeigen die Murg bei Baiersbronn und der Forbach bei Freudenstadt.

Es soll nun durchaus nicht behauptet werden, dass mit den angeführten 4 Arten der Entstehung von Flussknickungen die Möglichkeiten erschöpft seien (vergl. z. B. Fünfter Abschnitt A, Rheintal und Rhonetal, Entstehung des Boden- und Genfersees). Doch dürften einige hauptsächliche Entstehungsweisen, wie sie sich noch an zahlreichen weiteren Beispielen nachweisen lassen, damit aufgeführt sein. Jedenfalls aber darf wohl ganz allgemein der Satz aufgestellt werden: *„Wenn an einem vorhandenen Flusstal eine scharfe Talkrümmung beobachtet wird, die mit keiner Schichtenstörung oder Verwerfungspalte in ursächlichem Zusammenhang steht, so ist anzunehmen, dass der Fluss vor der Eiszeit in der Richtung seines Oberlaufs weiter geflossen ist, also annähernd senkrecht zum heutigen Flussunterlauf (und selbstverständlich gleichzeitig auch wesentlich höher) und dass die Querlegung, wie sie sich heute darstellt, einzig und allein der Wirkung des Eises zuzuschreiben ist.“*





Zweiter Abschnitt:

Beispiele
aus
Schwaben und Franken.

Im nachfolgenden soll für die oben aufgestellten Leitsätze eine Anzahl von Beispielen aus Schwaben und Franken aufgeführt werden, an denen die eigenartige Wirkung der Eisströme besonders klar zutag tritt, sowohl hinsichtlich des Flächenabtrags überhaupt, als auch namentlich bezüglich all' der im Staugebiet auftretenden Besonderheiten, wie Umgehung und Durchbrechung von Riegeln, Auskolkung von Wannen, Erzeugung von Inselbergen, Umkehrung von Talfurchen, Schaffung von Quertälern, Ausbildung von Eisübertrittstellen, Ablagerung von Moränen u. s. w. Die Beispiele sind dem Kocher-, Altmühl-, Fils- (bezw. Rems-), sowie Neckartal entnommen und können jederzeit durch zahlreiche andere ergänzt werden. Dabei sind nur die hauptsächlichsten Merkmale berücksichtigt; jeder Leser kann durch Studium des einschlägigen Kartenmaterials (für Württemberg insbesondere der geognostischen Atlasblätter im Masstab 1 : 50000) oder noch besser durch Augenscheineinnahme an Ort und Stelle mit Leichtigkeit weitere, des öfteren geradezu überraschende Einzelheiten herausfinden.

1. Im Kochertal.

Eine Zunge des den Alpen entstammenden Eises, das zur Mindeleiszeit über Aalbuch und Härtsfeld weg nach Norden und Nordwesten geschoben wurde, benützte das obere Kochertal zum Abfluss. Unterhalb des Ortes Sulzbach wurde dieser Eisstrom durch verschiedene aufeinanderfolgende Talengen in seinem Lauf gehemmt und dadurch zum Aufstau und zur Umgehung der Hindernisse genötigt (vergl. Fig. 22 und 46).



Figur 46.

Die erste dieser Talengen findet sich bei dem Ort Unterrot zwischen den Bergen *Riegel- und Kieselberg.* Da hier ausserdem noch kleinere über den Welzheimer Wald vorgedrückte Eiszungen von Süden her einfielen, so entsandte der gestaute Strom des Kochertals in den Tälern des Eisbachs und der Fichtenberger Rot mächtige Arme nach aufwärts, welche sofort unterhalb des Hemmnisses entlang der beiderseitigen Talränder ihre Uebereichzungen wieder dem Haupttal zuschickten. Jedem rechtseitigen Nebental des Eisbachs, sowie des weiter östlich gelegenen Fischbachs, in dessen Tal die Eismassen schon weiter oben von der Bühler aus eingetreten waren, entspricht nun am Steilabfall des Keupers gegen das Kochertal eine Hangnische, ein Schlagloch. Das nämliche trifft für die linkseitigen Nebenflüsse der Fichtenberger Rot zu. Ausserdem zweigte von diesem letzteren Flusstal, in das noch weitere kleinere Eisströme von Süden her einbrachen, im Westen eine Zunge ab über die Schanze zur oberen Murr, während der Rest des Eises nördlich zur Brettach und Ohrn übertrat. Im Kochertal selbst hob das über den Unterroter Riegel weggeschobene und ihn schliesslich teilweise durchbrechende Eis in Gemeinschaft mit den seitwärts einfallenden Zungen das Gaildorfer Schlagloch aus.

Weiter unterhalb wurde nun aber das Eis sofort aufs neue gehemmt durch die südlich von Westheim gelegene zweite Talenge *Hörnle—Adelberg,* die mit Benützung des kleinen Adelbachs durch Ausbruch über den rechtseitigen Talhang umgangen wurde, wobei der Adelberg schliesslich als Inselberg im Tal stehen blieb. Das zu diesem Riegel gehörige Schlagloch ist durch den Rosengarten bezeichnet, in welchen wiederum von der Seite her die durch die oberen Nebentäler der Rot und des Fischbachs vorgedrungenen Eiszungen einfielen.

Nach Norden wird diese gewaltige Wanne durch die als Ueberreste des dritten Riegels sich darstellenden Bergköpfe: *Streiflesberg und Einkorn* abgeschlossen. Beachtet man nun die nordwestliche Richtung des Kocherlaufs von Unterrot bis Westheim, so leuchtet auf den ersten Blick ein, dass die natürliche Fortsetzung dieser Richtung durch die Furche des Bibertals dargestellt ist. Der Grund, weshalb der Kocher schliesslich über Hall ausbrach, liegt in dem Bühlereisstrom, welcher den früher vorhandenen Verbindungsrücken zwischen den beiden genannten Bergen mit der Zeit derart abscheuerte, dass er zuletzt dem Druck des im Rosengarten aufgestapelten Eises nicht mehr standzuhalten vormochte. Dass das Bibertal bis nach Waldenburg hinauf vom Eis durchströmt wurde, geht aus den zahlreichen, zur Hohenloher Ebene abfallenden Rillen und Hangnischen wiederum unzweifelhaft hervor.

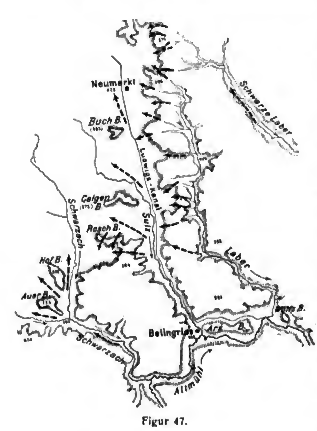
Als *Zeugen der Richtigkeit des geschilderten Vorgangs* sind der gratförmige Gebirgskamm, auf dem Waldenburg liegt, der allwärts auf den Höhen zerstreut liegende Feuerstein, der am Talhang über dem Keupermergel gelagerte, infolge von Druck und Reibung entstandene Schutt, die im Rosengarten als Reste der Grundmoräne abgesetzten Ablagerungen von Diluviallehm, von Geröll und Breccie, sowie die am Fuss des Steilabfalls vorhandenen Moore bei Gailenkirchen und Kupfer, die zugeschwemmte und verwachsene Schlaglöcher darstellen (vergl. württ. geolog. Karten von Hall und Künzelsau), zu betrachten.

Bezüglich der *Wiederherstellung der früheren Wasserscheiden* ist auf S. 17 zu verweisen und anzufügen, dass das Kochertal als dasjenige Tal, in welchem die Hauptmasse des Eises nach Norden geschoben wurde, vollständig umgekehrt worden ist Wenn der Eisschub noch länger gedauert hätte, oder der Riegel Streiflesberg—Einkorn etwas widerstandsfähiger gewesen wäre, wären auch die Täler der Biber und Rot zu Gegentälern geworden. Früher floss der Kocher als Gegen-Kocher samt seinen Nebenflüssen Ueber-Biber, Ueber-Rot und Ueber-Eisbach zur Ueber-Brenz ins Ueber-Donautal (vergl. Fig. 22, 46 und 118).

2. Im Altmühltal.

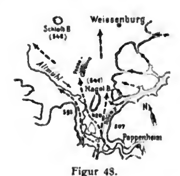
Die Altmühl, die östlich von Rotenburg an der Tauber entspringt, durchfliesst das Keupergebiet des bayerischen Kreises Mittelfranken in südöstlicher Richtung bis Gunzenhausen. Von dort an stellt sich ihr der Steilabfall des fränkischen Jura entgegen, den sie in gewundenem Lauf und mit wechselnden Richtungsverhältnissen auf der Strecke Pappenheim, Dollnstein, Eichstätt, Beilngries durchbricht, um bei Kelheim in die Donau zu münden (Fig. 118). In der Nähe von Beilngries, also bereits diesseits des Steilhangs nimmt die Altmühl die linkseitigen, südwestlich verlaufenden

Nebenflüsse Schwarzach, Sulz und Laber auf, die in ganz ähnlicher Weise wie der Hauptfluss im Keupervorland entspringen, sodann senkrecht auf dem Steilabfall des Frankenjura zufliessen und den Gebirgszug durchqueren (vergl. Fig. 47). Diese merkwürdige Erscheinung, dass ein Wasserlauf ein sich ihm entgegenstellendes Gebirg durchbricht, lässt sich, da die Zuhilfenahme von ungeheuren, 100 m hohen Wasseraufstauungen wegen des Nichtvorhandenseins von Strandlinien und entsprechenden Ablagerungen ausgeschlossen ist, nur aus Eiswirkung erklären. Auf dieselbe Ursache weist auch die dreieckige Gestalt der Einbruchstellen (Fig. 25) hin, welche deutlich die bei Eisübertritten beobachtete Halbtrichterform haben. Weiterhin folgt daraus, dass diese Mündungstrichter, wie dies z. B. auch bei der Ammer beobachtet wird (Dritter Abschnitt, B. III, 3), sich nicht mit, sondern entgegen der heutigen Flussrichtung allmählich erweitern, mit vollkommener Sicherheit, dass die Flusstäler der Altmühl u. der genannten drei Nebenflüsse durch Teile eines, entgegengesetzt zu den heutigen Flussläufen geschobenen, d. h. von den Alpen über den Frankenjura nach Norden und Nordwesten wandernden Gletscherstroms erzeugt wurden. Die von Steppberg aus über Wellheim in das mittlere Altmühltal eingedrängten Eismassen des Lechs erreichten dieses Tal bei Dollnstein, schufen den eigentümlich geformten Inselberg, auf dem dieses Städtchen liegt, und flossen nun in dem Altmühltal teils aufwärts gegen Pappenheim, teils abwärts gegen Beilngries und von dort in den Furchen der genannten Nebenflüsse weiter gegen Norden.



Figur 47.

Betrachtet man die in der Figur 48 dargestellte, nordwestlich von Pappenheim gelegene Eintrittstelle der *Altmühl* in den Frankenjura mit den vier eingelagerten Inselbergen, von denen der Schloss- und Nagelberg die bedeutendsten sind und etwa 120 m über die heutige Talebene (420 m ü. N. N.) hervor-



Figur 48.

ragen, etwas näher, so erklärt sich deren Entstehung ohne weiteres. Das Eis des Altmühltals grub bei seinem Abfall über den bereits von früherher bestehenden Jurahang jene dreieckige Bucht aus, in welcher sich noch verschiedene, besonders widerstandsfähige, vom Eis umflossene Riegelreste erhalten haben. Diese Inselberge sind somit nichts anderes als Ueberbleibsel der alten vom Eis abgetragenen Hochfläche. Bei längerer Dauer des Eisschubs wären auch sie zweifellos vollends zerstört worden. Östlich vom Nagelberg ist eine Anfangstufe des Abtragungsvorgangs dargestellt. Das Eis des Schambachs hobelte bei seinem Abfall in die Lias-Keuperebene mehrere (darunter eine zweiteilige, südöstlich von Weissenburg gelegene) Hangnischen aus. Im weiteren Verlauf der Entwicklung hätten sich hier ähnliche Inselberge ausgebildet, wie die bereits besprochenen.

Noch klarer tritt das allmähliche Fortschreiten der Flächenabtragung zutage an jenen drei Nebenflüssen der Altmühl: *Schwarzach, Sulz* und *Laber.**) Die Figur 47 stellt den oberen Teil des südlichen Aufstiegs des Donau-Main- (Ludwigs) Kanals zur Wasserscheide zwischen Beilngries und Neumarkt dar und zeigt im Osten und Süden die Hochfläche des Jura, im Nordwesten die zur Günz- und Mindeleiszeit ihrer Juraüberlagerungen beraubte Keuperfläche. Im Nordosten haben kleine Mindeleiszungen, die durch das Tal der bei Regensburg in die Donau mündenden Schwarzen Laber hieher vorgedrungen sind, Rillen bis zum Steilabfall hinterlassen und bei ihrem Absturz über die Juraebene grössere oder kleinere Nischen ausgehöhlt. Weiter gegen Süden zwischen der Laber und Sulz erscheinen eine ganze Reihe solcher Rillen von mehr oder minder grosser Einschnittstiefe, sowie eine entsprechende Zahl von Nischen, die beim Abfall des Eises ins Sulztal ausgebohrt wurden; zwischen den Rillen stehen noch mächtige Pfeiler der Hochfläche. Derselbe Vorgang wiederholte sich weiter westlich, indem die im Tal der Sulz nach Norden geschobenen, von der Laber her verstärkten Eismassen auf ihrer Weiterwanderung nach dem Schwarzachtal ausbrachen. Die Ausbruchstellen sind aber nicht mehr als Rillen zu bezeichnen, es sind breite und tiefe Stumpen von (früher eiserfüllten) Quertälern, die sich auf Kosten der dazwischen liegenden Hochflächenpfeiler vergrössert und diese Pfeiler nach und nach zu Inselbergen (Buch- und Galgenberg) und zu Halbinselbergen (Roschberg), deren Form die Richtung des Eisschubs erkennen lässt, umgewandelt haben. Noch weiter nach Westen sind auch die letzen Spuren der früheren Auflagerungen verschwunden. Nur ganz im Süden haben sich, geschützt durch den im Osten vorgelagerten mächtigen Hochflächenrest, noch zwei Inselberge (Hof- und

*) Ein Modell dieser Flussstrecken, in Verbindung mit den plastischen Formen der Figuren 40 und 41 würde im Anschauungsunterricht der Schulen die erspriesslichsten Dienste leisten.

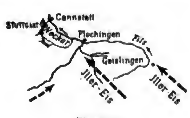
Auerberg) erhalten. Auch das Altmühltal selbst weist in dieser Gegend solche, durch Eisumgehung geschaffene Inselberge auf, (Arz- und Wolfsberg), die als Riegelüberreste zu betrachten sind. Alle diese Berge, die mit denen des oberen Altmühltals (Fig. 48) grosse Ähnlichkeit haben, geben mit ihrer teils länglichen Gestalt, teils zugespitzten Eisbrecherform aufs deutlichste die Richtung des Eisschubs an. Wir haben es hier mit dem letzten Akt im Abtrag des Frankenjura, d. h. mit der Einnagung der heutigen Flusstäler in den schon zur Günzeiszeit geschaffenen Steilabfall zu tun und befinden uns somit an dem Ende der Mindeleiszeit.

Dass sich der Gesamtvorgang des Flächenabtrags allmählich vom heutigen Maingebiet hieher zurückverlegte, zeigen die Einzelberge Frankens (z. B. die nah gelegene Burg Nürnbergs, die noch von einer Haube aus dem ringsum abgetragenen Keupersandstein bedeckt ist) aufs augenfälligste, wird aber auch durch die allenthalben dort sich vorfindenden *Moränenreste* klar bewiesen. Sowohl die im Norden an den Steilhang sich anschliessende niedere Lias-Keuperebene, als die südlich gelegene Hochfläche des Frankenjura ist in ausgedehntem Masse mit diluvialen Lehmablagerungen bedeckt, die als Reste der zuletzt darüber weggegangenen Eisströme, d. h. als geschlämmte Rückstände der Grundmoräne aus der Mindeleiszeit zu bezeichnen sind.

3. Im Filstal.

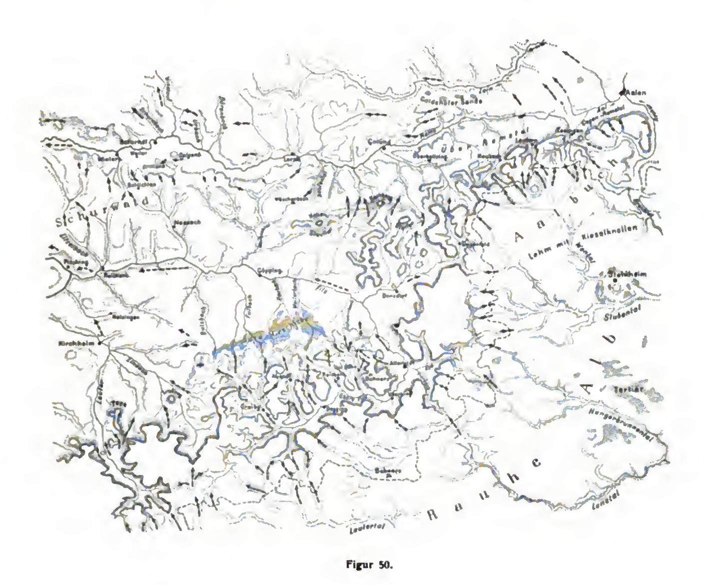
Im Oberlauf der Fils ist es vor allem die Talknickung bei Altenstadt, die unser Interesse erweckt, in ihrem Mittel- und Unterlauf sollen hauptsächlich die Uebertritte zum Remstal einer eingehenderen Betrachtung unterworfen werden.

Das obere Filstal, in dem bis heute keine Schichtenstörung bekannt geworden ist, weist bei Altenstadt eine ähnliche Umbiegung auf wie das Neckartal bei Plochingen und gibt damit zu wechselseitigen Betrachtungen Anlass, die indes hier nur angedeutet werden sollen (Fig. 49). Die Entstehung der Knickung lässt sich unter Annahme der Tätigkeit des Eises unschwer erklären. Vermutlich lag an Stelle des oberen Fils- sowie des Eybtals schon vor der Eiszeit eine flache Mulde, die über das Stubental zur Brenz verlief und sich dorthin entwässerte. In diese quer zur Richtung des Eisschubs gelegene Eintiefung fielen die (vor allem dem Lauter-, Lone- und Hungerbrunnental folgenden) Gletschermassen ein und wurden, da das Tal die grosse Menge des angeschobenen Eises nicht zu



Figur 49.

fassen vermochte, in sechs Zungen (Gruibingen, Auendorf, Deggingen, Reichenbach, Unterböhringen, Altenstadt) darüber hinweggeschoben (Fig. 50). Die Richtung des Eisschubs ist durch die tiefen Taleinschnitte bei den genannten Ortschaften, durch die jenseits der Uebertrittstellen beginnenden und die Fortsetzung dieser Einschnitte bildenden Täler des Bützbachs,



Figur 50.

Fulbachs, Heubachs, Weilerbachs, Schweinbachs und der Fils, sowie durch die im Atlasblatt Göppingen mit Dj (Jurageschiebe) bezeichneten und am Fuss des Steilhangs niedergelegten Ablagerungen aufs deutlichste gekennzeichnet. Der nebensächliche Umstand, dass über dem heutigen Altenstadt die starken, durch das Tierbachtal zugeschobenen Eismassen der Lone eintrafen, trug die Schuld, dass sich diese Uebertrittstelle rascher vertiefte und

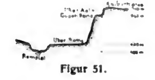
zum Haupttal ausbildete, wobei sich mit der allmählichen Entleerung des Staubeckens die Auskolknng des Untergrunds über Ueberkingen hinauf weiter fortpflanzte und dadurch die durchgehende Talbildung der andern fünf Seitentäler verhinderte. Wäre diese Eintiefung von Altenstadt aus weniger rasch filsaufwärts vorgeschritten, so hätte sich das Tal der oberen Fils anstatt des einen schliesslich in sechs Quertäler aufgelöst. Die zahlreichen Uebertrittstellen kleiner und kleinster Eiszungen — auch zwischen den sechs grösseren Zungen —, die dadurch angebahnte Ausbildung von Inselbergen, welche den Fortschritt der Flächenabtragung deutlich bekunden, sprechen für sich und bedürfen keiner weiteren Erklärung. Mit zunehmender Ausfurchung des Filstals bei Altenstadt wandte sich auch das Eis des Eybtals mehr und mehr dorthin und schuf damit die heutige, der früheren entgegengesetzte Abflussrichtung dieser Talrinne. Weitere Talumkehrungen sind an den Fortsetzungen jener sechs Quertäler zu beobachten. Nach der Schichtenneigung des Schwäbischen Jura zu schliessen, hatten wohl alle diese Täler ursprünglich ihre Abflussrichtung nach Südost. Erst mit dem Abfall des Eises über den früher zweifellos mehr nördlich verlaufenden Steilhang der Alb und der dadurch hervorgerufenen Rückwärtswanderung der einzelnen Wasserscheiden wurden die alten durchlaufenden Täler in zwei verschieden gerichtete Rinnen aufgelöst, wobei die nördlichen Furchen sich fortwährend auf Kosten der südlichen vergrösserten. Sobald die rückwärts wandernde Wasserscheide bei irgend einem der sechs Täler die obere Fils erreichte (wie es tatsächlich infolge des grössten Eiszugangs bei Altenstadt zuerst eintrat), war die Talknickung geschaffen.

Wenn wir sodann den Verlauf des Eisschubs im mittleren und unteren Filstal weiter verfolgen, so sind hier vor allem die Uebertritte zur Rems bemerkenswert, die entsprechend den wechselnden Eisständen der einzelnen Zeiträume in verschiedenen Höhen angetroffen werden.

Die höchste Lage (rd. 700 m) weisen die *in der Nähe von Göppingen* gelegenen Uebertrittstellen auf. Hier wurden Eiszungen vor allem über Donzdorf-Degenfeld, zwischen dem Albmassiv und dem Stuifen, zwischen diesem und dem Rechberg*), sowie weiterhin zwischen Rechberg und Hohenstaufen hindurch geschoben, kolkten vereint das Schlagloch von Gmünd im weitesten Umfang aus und zerstörten insbesondere die Ueberbleibsel des alten Ueber- und Gegen-Rems- (Ueber-Aal) Tals, dessen letzte Reste sich von Aalen über Heubach und Bargau bis Oberbettringen mit besonderer

*) Die kleine Hochebene des 700m hohen Rechbergs zeigt an der süd-östlichen Ecke deutliche Spuren des Eisanpralls und weist eine vollständig glatt gescheuterte Oberfläche auf. Nach Nordwest gibt eine steil abfallende Rille, die beiderseits von zugeschliffenen Felsgraten begrenzt wird, die Abfallrichtung der Eiszunge an.

Deutlichkeit verfolgen lassen (vergl. Fig. 19, 20 und 51) Dort entspricht die heutige Liasebene der Sohle der früheren Ueber-Rems, während die Reste der Sohle der früheren, zur Brenz gehenden Gegen Rems oder Ueber-Aal durch einen unter der Oberkante des Aalbuchsteilabfalls sich hinziehenden Streifen dargestellt sind, der mit dem Rest einer der Länge nach zerfetzten Dachrinne verglichen werden kann. An den Einmündungstellen der Klingen von Essingen, Lautern und Heubach lässt sich das Fortschreiten der Zerstörung dieses alten Hochtals augenfällig verfolgen (vergl. S. 16 u. Fig. 19—20, sowie S. 20 u. Fig. 29—30).

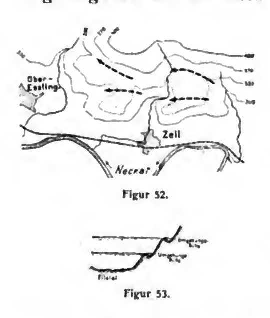

Figur 51.

Einer späteren Zeit gehört die Ausbildung der *auf dem Schurwald* vorhandenen Uebertrittstellen an. Während dieser Gebirgszug in dem eben geschilderten Zeitraum noch auf seine ganze Ausdehnung von Eis überflutet war, wurde er später nur noch von einzelnen Armen überquert, welche den auf der Hochfläche gelagerten Liassandstein durchbrachen und die heutigen Talrinnen ausfurchten. Eine solche Zunge ging durch das Marbachtal über Wäschenbeuren (mit 450 m hoch gelegener Moräne) ins Beutental und erreichte die Rems in der Gegend von Lorch. Jenseits des Remstals weisen noch verschiedene nord-südlich streichende Rillen auf den weiteren Verlauf der Eiswanderung hin. Durch diese Furchen gelangte das Eis zunächst in das Leintal, um von hier aus teils den Welzheimer Wald zu durchfurchen, teils mit Benützung des oberen Wieslauftals von Osten her ins Backnanger Becken*) einzubrechen. Von den weiteren zwischen Göppingen und Plochingen sich findenden Uebertrittfurchen ist sodann vor allem das auf Schorndorf zulaufende Nassachtal (mit 457 m Passhöhe), sowie das Litzelbachtal zu nennen, das in dem bei Endersbach mündenden Schlierbachtal seine Verlängerung findet. Auf Rechnung der erstgenannten Eiszunge sind die starke Talerweiterung von Schorndorf zu setzen, die zu der engen Talstrecke Lorch—Schorndorf in schroffem Gegensatz steht, sowie die zahlreichen durch Eisumgehungen geschaffenen Inselberge (Galgenberg, Ottilienberg, u. a.) in der Nähe dieser Stadt. Weiterhin wurden durch den seitlichen Stoss dieser Zunge Teile des Remseises gezwungen, den rechtseitigen Talhang zu erklimmen und die Täler des Bärenbachs, des Urbachs, der Wieslauf und des Schornbachs auszufurchen, um jenseits abfallend das Backnanger Schlagloch von Südosten her auszukolken. Ganz ähnliches wiederholte sich bei Endersbach (vergl. Fig. 55). Die remsabwärts wandernden Eismassen wurden hier unter dem Druck der über Schnait eingefallenen Ströme durch die bei Grunbach und Grossheppach mündenden

*) Ueber die dort sich findenden Gletscherspuren vergl. die bei der 33. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins in Donaueschingen am 19. April 1900 gemachten Mitteilungen von Vermessungs-Oberinspektor C. Regelmann, Stuttgart.

rechtseitigen Täler der Rems über die Wasserscheide hinweg geschoben, um jenseits im Verein mit Teilen des im Wieslauf- und Schornbachtal fliessenden Eises beim Abfall die mächtige Bucht von Winnenden auszuhöhlen. Bedauerlicherweise sind in den geologischen Karten Waiblingen und Gmünd die auf der Stubensandhochfläche vorhandenen Diluvialablagerungen nicht ausgeschieden, sonst liesse sich der Vorgang noch mehr im einzelnen verfolgen. Der kleine, eisbrecherförmige Fleck von unterem Lias, auf dem Buoch liegt, verdankt sein heutiges Nochvorhandensein nur dem Umstand, dass er zwischen den beiden genannten Strömungsrichtungen gelegen ist.

Hiebei ist noch auf *zwei Eigentümlichkeiten* aufmerksam zu machen, die im engsten Zusammenhang mit diesen Uebertritten stehen. Die eine besteht in der Ausbildung von Umgehungsrillen innerhalb des Haupttales selbst, die andere in der verschieden starken Eintiefung der Neben- (Quer-) Täler. Während, wie oben geschildert, an den Stellen, an welchen ein starker Uebertritt von der Fils zur Rems stattfand, die seitlich einbrechenden Eismassen, das von oben her zugeschobene Remseis zum Ausbruch nach Norden gegen Winnenden und Backnang zwangen, wurde an den Einmündungstellen kleinerer eisführender Nebentäler der Eisstrom der Rems nur an die rechtseitige Talwand gedrückt und zum Teil genötigt, in Umgehungsrillen sich an diesem Hang aufwärts zu bewegen. Sofort unterhalb des Hindernisses fiel der abgetrennte Teil wieder zum Haupttal ab. Dadurch entstanden langgestreckte Einzelkuppen, die im Remstal von Gmünd bis Waiblingen in klarer Weise ausgebildet sind und sich ebenso im Fils- (bezw. Neckar-) tal von Göppingen bis Esslingen überall da vorfinden, wo von links her kleinere Nebentäler einmünden*) (Fig. 52 und 53). Daraus, dass diese Gebilde in der nämlichen Talstrecke in verschiedenen Höhen anzutreffen sind, geht hervor, dass sich der geschilderte Vorgang zu verschiedenen Zeiten mit jeweils verschieden hoch gelegenen Talböden wiederholte. Des weiteren sei noch auf den Unterschied in der Ausbildung der zur Rems führenden linkseitigen Nebentäler hingewiesen: Je nach der Höhenlage der Wasserscheide der einzelnen vom Schurwald nach der Rems führenden

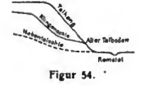


Figur 52.

Figur 53.

*) Zu bemerken ist übrigens, dass ein Teil dieser Umgehungsrillen auch durch Taleinengungen (Riegel) verursacht sein mag, worauf indes nicht weiter eingegangen werden soll.

Seitenklingen, hörte der Eisübertritt vom Fils-Neckar zum Remstal an der betreffenden Stelle früher oder später auf und dementsprechend wurde das jeweilige Tal weniger oder mehr ausgekolkt. Man sieht daher im Remstal an den Einmündungstellen der linken Seitentäler teilweise nur karähnliche Ausschaufelungen, teilweise vollkommen ausgebildete Talfurchen. Da sich ferner in der Zwischenzeit das Remstal selbst eintiefte, so endigen die kleinen Klingen *über* der heutigen Talsohle, in der Höhe des damaligen Talbodens, während die Sohlen der vollkommenen Nebentäler bis zu der des Haupttals herunterreichten (s. Figur 54, sowie Figur 7 und 8).


Figur 54.

4. Im Neckartal.

Zu einem *gewissen Abschnitt der Mindeleiszeit* (Näheres Drilter Abschnitt, B III, Verhältnisse in Schwaben), bewegte sich auf der Neckartalstrecke Rottenburg—Plochingen ein breiter Eisstrom talabwärts. Da das eigentliche Neckartal noch nicht eingetieft war, war die Mächtigkeit verhältnissmässig gering, dagegen reichte die Seitenausdehnung beträchtlich über die Grenzlinien des heutigen Neckartals hinaus. Von rechts her brachten die Täler der Echaz, Erms, Steinach und Lauter weitere Eismassen bei (vergl. Fig. 55). Bei Plochingen wirkten nun zwei Umstände stark hemmend auf den Lauf des Gletschers ein. Einmal stellte sich ihm im Norden der hohe Schurwald qner entgegen und dann erhielt er durch das Lindach- und Filstal von Osten her einen ihm in der Stärke wohl kaum nachstehenden weiteren Zufluss. Beide Umstände hatten einen mächtigen Aufstau des Neckareises zur Folge, der sich weithin seitlich und rückwärts erstreckte. Die Grenzen des dadurch geschaffenen grossen Eissees lassen sich nach Westen in den als Reste der linken Seitenmoräne zu bezeichnenden Diluvialablagerungen in der Nähe der Wasserscheide gegen die Würm, (bei Altdorf O./A. Böblingen, Schönaich, Musberg, Rohr, Vaihingen, Degerloch) deutlich verfolgen. Der Grundmoräne entsprechen die ausgedehnten Lehmablagerungen der Filderebene, die aber nur deshalb heute noch erhalten sind, weil, wie eben gezeigt, der Eisstrom beträchtlich gestaut wurde.*) Nach Osten reichte der Stau bis an den Fuss der Alb, sowie tief in die Nebentäler hinein. Das ganze Vorland der Alb von Reutlingen bis Kirchheim und Göppingen war überflutet, während in den Tälern die überall in rd. 450 m Meereshöhe anzutreffenden Tuffablagerungen als Endpunkte anzusehen sind. Die am Abfluss gehinderten Eismassen des Echaz-, Erms- und Lautertals wurden gezwungen, über die

*) Es ist wohl ohne weiteres klar, dass ein Gletscher seine Sohle bei freiem Abfluss vertieft, in Staustrecken unter Umständen erhöht.


Bietigheim
Vaihingen
Markgrön.
Ludwigsbg.
Marbach
Backng.
Winnend.
Zuffenhausen
Münster
Weibling.
Leonberg
Feuerbach
Cannst.
Stuttg.
Schurwald
Vaihing.
Möhring.
Esslingen
Plieningen
Filder Ebene
Sindelfing.
Böblingen
Bernhsn.
Neuhsn.
Köngen
Kirchhm.
Eningen
Waldenbuch
Aich
Nürting.
Schönbuch
Herrenbg.
Bebenhsn.
Metzing.
Grabenst.
Tübingen
Reutling.
Neckar
Pfulling.
Wasserscheide
Rauhe Alb
Gächingen
Münsingen
Richtung der Eisströmungen
zu Beginn
zu Ende
der Mindeleiszeit.

Figur 55.

rechtseitigen Talhänge überzutreten und dabei die von früher her vorhandenen Sattelbögen (Achalm, Teck u. a.) zu vertiefen, neue zu schaffen, sowie die Basaltaufbrüche (Rangenbergle, Metzinger Weinberg, Florian, Limburg) mehr und mehr bloss zu legen. Der Abfluss der gestauten Eismassen nach Norden erfolgte einmal durchs Stuttgarter Tal, sodann in einzelnen Zungen über den Schurwald weg (vergl. S. 37), vor allem aber entlang dem heutigen Neckartal in der Richtung auf Cannstatt zu, wo bereits das Filseis, einer alten Verwerfungspalte folgend, eine mächtige Rinne ausgehoben hatte. Die dreieckige, nur durch das seitlich einmündende Nesenbachtal unterbrochene, von dem Burgholz und dem Kappelesberg als Eckpfeilern begrenzte Keuperbucht von Cannstatt entspricht dem Ausbruch der Gletschermassen.

Mit zunehmendem Abfluss des Eises und dem dadurch bedingten Fallen des Eisstandes tiefte sich in einem *weiteren Abschnitt der Mindeleiszeit* das eigentliche Neckartal nach und nach in die Sohle des weiten Beckens ein. Das sich zurückziehende Eis hinterliess die Decken- und Hochterrassenschotter, sowie die im Atlasblatt Kirchheim als „verschleppter Gehängeschutt" bezeichneten Gebilde. Immerhin wurden aber auch jetzt noch die dem Neckartal zufliessenden Nebenflüsse gestaut und dadurch zur Ausbildung eigenartiger Berg- und Talformen veranlasst. Hieher gehören die durch den Druck in den Nebentälern erzeugten umfassenden Talerweiterungen, so bei Reutlingen-Betzingen (Echaz), Metzingen-Riederich (Erms), Kircheim (Lauter), Göppingen (Fils) (vergl. Dritter Abschnitt, B. III, Verhältnisse in Schwaben.), die alle etwa in der Höhe von 300—325 m liegen und in denen die von der Alb her verschleppten Jurageschiebe abgelagert wurden. Sodann sind auch hier wieder in ausgedehntem Masse Uebertritte der Eiszungen in fremde Täler und damit Ausmodelungen von Inselbergen wahrzunehmen. Der gestaute Echazgletscher entsandte Uebereichzungen von Reutlingen über Sondelfingen und von Betzingen über Altenburg zum Neckar, das aufgestaute Ermseis von Bempflingen zum Autmutbach gegen Neckarhausen zu. Das Eis der Steinach modelte die Inselberge Ersberg und Steinenberg bei Nürtingen aus und wurde östlich von Reudern in grossem Bogen nach Oberboihingen geschoben. Das in seinem Abfluss behinderte Lautereis fiel in das Tal von Notzingen ein und das Filseis wurde gezwungen von Reichenbach aus den rechtseitigen Hang, auf dem der Plochinger Aussichtsturm steht, zu durchfurchen und sich hoch über Altbach und Zell hinzuschieben (vergl. Fig. 52 u. 53). Von Plochingen an folgte sodann das Neckareis dem alten Filslauf, wurde aber hiebei durch die Einengungstelle unterhalb Esslingen (ob Weil- ob Mettingen) gehemmt. Diesen Riegel umging das Eis dadurch, dass es von der Esslinger Talwanne aus Zungen hainbachaufwärts über Wäldenbronn und

beutenbachaufwärts über Krummenacker entsandte. Die erstere schuf zu beiden Seiten des Aussichtsturms auf dem Kernen mächtige Uebergangsfurchen, hobelte die Täler von Stetten und Rommelshausen aus und vereinigte sich mit dem Remstalgletscher, die zweite fiel unterhalb des Hemmnisses bei Rüdern ins Neckartal zurück und war der Anlass zur Bildung des Uhlbacher Talkessels und Ausschälung des Ailenbergs (Melacturm) aus dem rechtseitigen Neckartalhang. Im weiteren Verlauf erhielt der Neckareisstrom durch den Nesenbachgletscher erneuten Zuwachs und wurde durch die Stauwirkung dieses Zuflusses, sowie durch den Riegel Burgholz-Kappelesberg zur Entsendung einer Zunge über die Prag (zwischen dem Burgholz und der Feuerbacher Heide hindurch) in der Richtung nach Zuffenhausen, zur Ausmodelung des Rotenbergs und verschiedener kleiner Inselberge oberhalb Cannstatt, sowie zur Niederlegung der auf dem Atlasblatt Waiblingen als Breccie und Triasschutt bezeichneten Ablagerungen genötigt. Weitere Moränenabsätze sind durch die Ziegeleien von Ostheim, Fellbach, Waiblingen, Endersbach bezeichnet. Die Tuffablagerungen von Cannstatt und Endersbach haben sich durch Abkühlung der Quellen von Cannstatt und Beinstein, die ihrerseits wohl mit den dortigen Verwerfungspalten in Zusammenhang stehen, niedergeschlagen.

Der *letzte Abschnitt der Mindelvergletscherung* ist bezeichnet durch einen Talboden, der etwa 5—10 m über der heutigen Talsohle (nicht Flusssohle), lag. Derselbe wurde nach und nach auf seine heutige Höhe abgeschliffen. In der Regel liegen das ganze Neckartal entlang Strassen und Eisenbahnlinien, sowie alle hochwasserfrei im Tal gelegenen Ortschaften auf ihm; auch ist er beinahe an jeder Talkrümmung auf der konvexen Seite noch besonders gut erhalten. Von diesem letzten Gletscher wurden die Niederterrassenschotter*) und Tallehme (Ziegeleien Oberesslingen, unterhalb Cannstatt) abgesetzt und die vielfach im Tal beobachteten Altwasserrinnen erzeugt (z. B. an der Autmutmündung, am Fusse des Seelbergs, des Staigfriedhofs, des Kursaals in Cannstatt), die als Rillenreste kleiner Teilzungen aufzufassen und an Letten- und Torfbildung erkenntlich sind.

---

*) Am Fuss des Staigfriedhofs in Cannstatt ist zur Zeit die Lagerung der Lehme und der darunter folgenden Kiese, die auf steil ansteigenden, vom Eis abgescheuerten Mergeln liegen, in deutlichster Weise erkennbar.



Dritter Abschnitt:

Folgerungen

aus den

schwäbischen u. fränkischen Beispielen.

A. Im Allgemeinen.

Auf Grund der vorstehenden Leitsätze und der Beispiele aus dem Kocher-, Altmühl-, Fils- und Neckartal, die jederzeit durch zahlreiche weitere ergänzt werden können und aus denen das allmählige Werden des derzeitigen Zustands der Erdoberfläche, d. h. der verhältnissmässig rasch vor sich gegangene Abtrag ganzer Gebirge und ausgedehnter Hochflächen, sowie die Art der Entstehung jedes einzelnen Berges und jeder kleinsten Mulde und Klinge mit Leichtigkeit zu erklären ist, gelangt man zu den nachstehenden Ergebnissen über die Entstehungsgeschichte der heute vorhandenen Berge, Täler, Meere und quartären Ablagerungen.

Einleitend sei bemerkt, dass die Richtung der *voreiszeitlichen Flussläufe und Meeresufer* zu Ende der Tertiärzeit (vor der Günzeiszeit) wohl in weitgehendstem Masse durch vorhandene, zum grossen Teil erst in der Tertiärzeit entstandene Verwerfungspalten, Gebirgsfaltungen und Schollenbruchstellen gegeben war, wobei die Täler und Meeresufer vielfach auf lange Strecken ohne nennenswerte Biegung und Richtungsänderung verliefen.

Wenn nun auch selbstverständlich die Gletscher anfangs diesen vorhandenen tertiären Flussrinnen und Meeresbuchten folgten, so bildeten sie doch im weiteren Verlauf der Eiszeit die alten Wasserfurchen und Wasserbecken zu *neuen Tälern und Meeren* um, die nicht mehr im Zusammenhang mit Spaltenbildung standen. Die bis zur Oberkante des Talhangs ansteigenden Gletscherarme brachen nämlich, gleichgiltig, ob sie talabwärts flossen oder bergauf geschoben wurden, ganz unabhängig von den Bruchstellen der Erdschale an jeder zufällig nur um ein geringes Mass erniedrigten Stelle des begleitenden Gebirgskamms in ein anschliessendes Seiten- oder Haupttal aus, vertieften nach und nach die unscheinbare Mulde des trennenden Gebirgsrückens durch Abschabung der Oberkante, flossen schliesslich

zum grossen Teil oder am Ende ganz ins andere Tal und schufen dadurch vollständig neue Abflussrichtungen in tieferer Lage über dem Meer (vergl. S. 14, 16 und 21). Dabei lässt sich aus dem sehr bemerkenswerten Umstand, dass Eisströme nicht nur talabwärts wandern, sondern bei tausenden von Meter Breite auch auf tausende von Kilometer Länge talaufwärts geschoben werden können, die oft ganz eigentümlich zerstreute Lage von Gebirgschollen, Schichtenresten, Einzelbergen einer und derselben früheren Gebirgsformation leicht erklären.

Bei all den vor- und nachstehenden Beispielen ist daher — trotz der im Verlauf der Eiszeiten entstandenen Umkehrungen und Querlegungen von Abflussrichtungen, trotz der beträchtlichen Vertiefungen und Neubildungen von Ebenen, Seen und Meerbusen, trotz der beobachteten Wasser- und Schlammübertritte (Transgressionen) und Terrassenbildungen an Küstenländern und trotz des in südlichen Ländern nachgewiesenen Vorkommens quartärer Ablagerungen in Höhen von tausend und mehr Meter über dem heutigen Meeresspiegel — an *keiner Stelle eine Hebung, Senkung oder Nachsackung von Landes- oder Meeresteilen in nach tertiärer Zeit* anzunehmen. Dieser Satz stimmt mit der Tatsache überein, dass die überwiegende Zahl der allerwärts beobachteten Verwerfungen in tertiärer und vortertiärer Zeit entstanden sind und dass — abgesehen von allen Fällen rein vulkanischer Natur — etwaige Neubildungen oder Senkungen in quartärer Zeit zumeist nur vermutet und angenommen, aber in sehr seltenen Fällen durch Spaltennachweis unwiderleglich festgestellt worden sind.

Bezüglich der *Zeit des Gesamtvorgangs,* der als Folge der Vorgänge bei den Gebirgsfaltungen angesehen werden muss, ist anzuführen, dass der Beginn zweifellos schon in das Ende der Tertiärzeit zu verlegen ist. Die zur Günzeiszeit erfolgte Bildung der höchst gelegenen Wannen und Riegel, welche durch die fortschreitende Abtragungsarbeit späterer Eisströme grösstenteils wieder zerstört wurden und nur teilweise, oft in unkenntlichen Resten, am oberen Rand von Gebirgsabfällen erhalten sind, sowie die Entstehung der gleichalterigen Ablagerungen von Lehmen, Sanden und Kieseln, dürfte spätestens in die jungtertiäre oder pliozäne Zeit*), die Bildungen der Mindeleiszeit vielleicht in die altquartäre oder pleistozäne Zeit zu verlegen sein; denn aus den schwäbischen und fränkischen Beispielen ergibt sich, dass

*) Kayser, Dr. Lehrbuch der geologischen Formationskunde, Stuttgart, 1891, S. 325 ff. „Ueber die Abgrenzung des Pliozän nach unten und nach oben, sowie über seine Gliederung ist bis jetzt noch keine völlige Uebereinstimmung der Ansichten erzielt.“ Hienach sind die Pliozänbildungen besonders typisch in Italien, auf der Nordseite des Apennin, aber auch in Mittel- und Süditalien verbreitet. Sie stellen eine über 300m mächtige Folge von Tonen, Mergeln und Sanden dar. Diesen Ablagerungen entsprechen in Süddeutschland die Knochensande von Ulm und Ingolstadt, im Rheintal die bei Dürkheim, Hanau, Fulda, im Tale der Saale, Gera, Jlm, sowie die Belvedere-Schotter des Wiener Beckens. Auch gehören hieher die levantinischen und aralokaspischen Ablagerungen und die in China, Japan und Südamerika verbreiteten lössähnlichen Pampasbildungen.

der Gesamtvorgang des Flächenabtrags mit dem Abschmelzen des Mindeleises sein Ende erreicht hatte und dass den Wirkungen des fliessenden Wassers kein nennenswerter Anteil an der Bildung der Bodenformen der zur Riss- und Würmeiszeit nicht vergletscherten Landesteile zuzuschreiben ist.

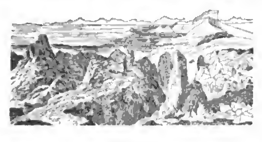
Weitere Einzelschlussfolgerungen sind im nachstehenden zusammengestellt.

1. Gebirge und Einzelberge.

Nur diejenigen Hochebenen und Gebirge, die zur Günzeiszeit auch während des Höchststandes der Vergletscherung weder von fremden Eisströmen überflossen wurden, noch selbst Nährböden örtlicher Vergletscherungen waren, welche also weder der Ueberlagerung durch Moränenschutt, noch der Abtragung ausgesetzt waren, können noch den ursprünglichen Zustand der voreiszeitlichen Landschaft zeigen. Da indes während der Günzeiszeit beinahe das ganze heutige Europa, ja sogar der grössere Teil der Erde unter Eis begraben war, so müssen demnach auch fast alle Gebirge die Spuren der Eiswirkung an sich tragen. Die Richtigkeit dieses allgemeinen Satzes soll unten über die ganze Erde hin im einzelnen nachgewiesen werden.*)

Durch Eisaufstauungen und Eisanprall wurden ganze *Gebirgszüge* umgeworfen, so dass heute nur noch deren Fuss vorhanden ist, andere

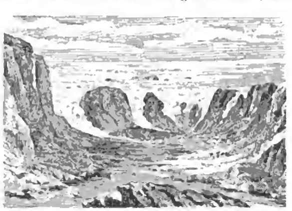
*) Die Figuren 56, 57 und 58 stellen das Kap. Fligely in Kaiser Franz-Josef-Land, den Kaiser Franz-Josef-Fjord in Ostgrönland und eine Landschaft von Westgrönland vor. Die Bilder zeigen die ausbohrenden und ausfurchenden Wirkungen der Gletschermassen deshalb besonders deutlich, weil das Relief dieser Länder, wie das der ganzen Erde, nur von den in starker Bewegung befindlich gewesenen Eisströmen der Günz- und Mindeleiszeit gebildet werden konnte. Während der Riss- und Würmeiszeit lagen diese Länderreihen unter ewigem Eis begraben und traten mit dem allmähligen Abschmelzen der Eismassen nunmehr als fertige Talgebilde zutage.



Figur 56.



Figur 57.



Figur 58.

wurden der Länge oder Breite nach mitten entzwei geschnitten, an den Enden abgetragen, mit Eisrillen durchfurcht und dergl., kurz: Die Mehrzahl der heutigen Gebirge ist während der Eiszeit in weitgehendster Weise zerstört oder nach Höhe und Richtung verändert worden (vergl. Dritter Abschnitt, B. I. 1. a, B. I. 2, B. II. 1. b und B. III. 1. b).

Ferner ist wohl, abgesehen von den vulkanischen Bergen, die Erzeugung aller *Einzelberge,* im Ur- wie im Sedimentgebirge, also insbesondere die Entstehung aller Bergspitzen, auf die Einwirkung des Eises, insbesondere auf Durchbrüche und Umgehungsbewegungen aufgestauter Eismassen zurückzuführen. Das nämliche gilt von der Mehrzahl der Inseln und Inselreihen, die ja nichts anderes als über den Meeresspiegel hervorragende Berggipfel darstellen. Aber auch die meisten vulkanischen Berge, (Schwäbische Alb, Hegau, Ries, Kaiserstuhl, Siebengebirge, Vogelsberg, Euganeen u. a.) verdanken ihre jetzige Form den Gletscherströmen, welche den diese Berge umgebenden Mantel abschoben und den harten vulkanischen Kern aus der Einpackung ausschälten.

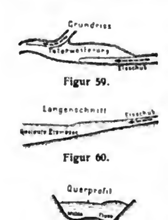
Besonderer Erklärung bedürfen die hahnenkammähnlich *gezackten Felsgrate,* die sowohl bei Faltengebirgen, als auch bei gewöhnlichen Gebirgszügen mitunter beobachtet werden und deren Entstehung durch Regen und fliessendes Wasser wohl kaum zu erklären ist. Bei den Faltengebirgen bildeten sich diese gezackten Kämme infolge Uebertritts von Gletscherzungen über die im Uebermass mit Firn und Eis erfüllten Gebirgsketten. Hiebei wurde der trennende Grat häufig zunächst durch Längsbewegung des Eises in den Falten beiderseits abgeschliffen und erniedrigt und hernach, je nach der Beschaffenheit des Gesteins sägezahnförmig in eine Reihe von Zacken, Kegelbergen oder glatt gehobelten Kuppen zerlegt (vergl. S. 23). Die überlagernde Schichtendecke wurde hiebei abgeschoben, so dass nun der nackte Fels zutage liegt. Die Oberfläche, auf der die Abschiebung erfolgte, besteht selbstverständlich aus verhältnissmässig widerstandsfähigen Schichten; sie zeigt vollständige Glatthobelung und gegenwärtig nur schwache Ueberdeckung mit Humus oder Ton. Solche spitz zugeschliffene, gezackte Felsgrate konnten aber auch in gleicher Weise wie bei Faltengebirgen ganz allgemein bei jedem grösseren oder kleineren Gebirgszug erzeugt werden, sobald nur die örtlichen Verhältnisse so lagen, dass dieser auf beiden Seiten vom Eis umflossen wurde. Alsdann wiederholte sich der gleiche Vorgang wie oben, indem zunächst der Rücken beiderseits zu einem scharfen Grat abgehobelt und dieser hernach je nach der Härte der unterlagernden Schichten in einzelne Spitzen oder Kuppen mit dazwischen liegenden Sätteln eingeteilt wurde.

2. Täler.

An den Beispielen des Kocher-, Altmühl-, Fils- und Neckartals wurde gezeigt, dass jedes Tal, jede Klinge und Furche zu irgend einer Eiszeit entweder flussauf- oder flussabwärts von einer Gletscherzunge durchzogen war und dass jeder Pass, jeder Sattelbogen und jede unscheinbarste Erniederung einer Wasserscheidelinie die Uebertrittstelle einer Gletscherzunge während eines gewissen Zeitabschnitts darstellt. Die heutigen Täler Schwabens sind durch die zu verschiedenen Zeiten und in verschiedener Höhe abgeflossenen Gletscherströme entweder als Gegen- und Quertäler (vergl. S. 16 u. 21) vollständig neu geschaffen oder von früheren Uebertälern (vergl. S. 10) zu den heutigen Untertälern erweitert und vertieft worden, so dass die voreiszeitlichen Formen nicht wieder zu erkennen sind. Dieser Satz lässt sich mit voller Berechtigung dahin verallgemeinern, dass beinahe alle gegenwärtig vorhandenen Täler der Erde — einschliesslich der Trockentäler und der in Arabien und Afrika mit „Wadi" bezeichneten Gebilde, sowie der „Cannons" Amerikas — in ihrer heutigen Form als Erzeugnisse der Eiszeiten anzusehen sind (vergl. auch Dritter Abschnitt, B, III, 1, c und B, II, 2).

Die *nischenförmigen Hangausschaufelungen* (Kesselbecken, Zirken, Kare, norwegische Botner u. s. w.) sind als schüchterne Anfänge weiterer Talausfurchungen, die von den örtlichen Vergletscherungen der Riss- oder Würmeiszeit gemacht wurden, oder als frühzeitiges Ende von Gletscherschüben der Mindeleiszeit in einem vorhandenen Tal aufzufassen.

Ebenso konnten die *Quertäler* und Querdurchbrüche der zur Tertiärzeit entstandenen Faltengebirge (Alpen, Himalaja u. s. w.), erst von den jüngsten Gletschern auf die S. 25 geschilderte Art geschaffen werden, weil die voreiszeitlichen Vorländer dieser Gebirge, wie Penck und Brückner nachgewiesen haben, mehrere hundert Meter höher lagen und von den Gletschern der Günz- und Mindeleiszeit vorher abgetragen werden mussten.



Figur 59.
Figur 60.
Figur 61.

Ferner werden oft entlang vieler Täler ganz eigentümliche, oro- und hydrographisch unerklärlich scheinende *Talerweiterungen* von grosser Breite und entsprechender Länge beobachtet. Es sind dies entweder Stellen, wo ein mächtiger Eisstrom seitlich in das tiefergelegene Tal einfiel — Eisauskolkung oder Schlagloch — oder Eisaufstapelungsbecken, die dadurch entstanden, dass ein talabwärts fliessender Eisstrom durch ein Hindernis (Gebirge, Talkrümmung oder anderen Strom) aufgestaut wurde und infolge davon das Tal erbreiterte, vertiefte und dessen Gehänge „verruschelte" (vergl. S. 10). Im ersteren Fall floss der unter Druck stehende

kleinere Gletscherstrom mit grösserer Geschwindigkeit in die in ihrem Abfluss behinderten Eismassen des Tals ein (vergl. Fig. 59—61). Im Querprofil solcher Talstrecken ist daher neben dem Flussschlauch zumeist eine weitere Vertiefung von untergeordneter Bedeutung heute noch zu erkennen; auch geben an solchen Stellen ausnehmend mächtige diluviale Lehm-, Kies- und Sandablagerungen, sowie Tuffniederschläge Zeugnis von dem Aufstau (vergl. Dritter Abschnitt, Verhältnisse in Schwaben, insbesondere Taubertal bei Mergentheim, Jagsttal bei Krautheim, Kochertal bei Ingelfingen u. a.).

Ganz besonderer Erwähnung bedürfen noch diejenigen *Talkessel* von aussergewöhnlichem Umfang, bei denen mehrere Gletscherströme seitlich oder gar senkrecht gegen und in einander geschoben wurden. Die Ränder solcher Kessel zeigen stufenförmigen Querschnitt, wenn die Eisausbohrungen, die in ihren Wirkungen mit Riesengletschermühlen zu vergleichen sind, zu verschiedenen Zeiten in mehreren Weiten und Höhen, über- und in einander erfolgt sind. Wegen der abgetreppten Wandungen wurden derartige Auskolkungsbuchten bisher irrtümlicher Weise ab und zu als Kesselbrüche angesehen; sie sind es aber wohl nur dann, wenn die Bruchlinien sich auch in der Tiefe des anstehenden Geländes nachweisen lassen.

3. Tiefebenen, Seen und Meere.

Penck und Brückner haben für die Alpen nachgewiesen, dass die Entstehung aller dortigen Seen, einschliesslich der Karseen, auf Eisaushöhlung zurückzuführen ist. Wie in den nachstehenden Beispielen gezeigt werden wird, muss auch dieser Satz beträchtlich dahin verallgemeinert werden, dass weitaus die meisten Tiefebenen, Seen und Meere ihre heutige Gestalt der Gletscherwirkung verdanken, indem sie durch die Eisströme teils frisch geschaffen, teils in weitgehendster Weise verlängert, verbreitert und vertieft wurden. Das letztere gilt auch von vielen Grabensenken, Kesselbrüchen und Maren, die, zumeist schon während der Tertiärzeit gebildet, durch Ablagerungen teilweise wieder ausgeebnet und von den Gletscherströmen der Günz- und Mindeleiszeit aufs neue ausgehöhlt wurden (z. B. das Ries). Damit dürfte die seitherige Annahme einer umfangreichen Erdrindenbewegung in quartärer Zeit in vielen Fällen hinfällig werden.

Die meisten Seen (Kaspi-See, Aralsee, Totes Meer) und Meere (Adriatisches-, Schwarzes-, Rotes Meer, Persischer-, Mexikanischer Golf u. s. w.) stellen mehr oder weniger grosse *Wannen* vor, deren zugehörige *Riegel* entweder noch offen sichtbar oder wenigstens durch eine Zahl grösserer und kleinerer Inseln angedeutet sind, oder aber ganz unter dem Meeresspiegel liegen. Im letzten Fall geben jedoch Tiefenlinien in deutlicher Weise über die Lage von Wanne und Riegel Auskunft. Die Längsrichtung der Seen und langgestreckten Meerbusen, die Lage der stets unterhalb folgenden Riegel, sowie die Streichung und Form von Gebirgen, Vorge-

birgen und Inseln lassen in den meisten Fällen die Richtung des Eisschubs mit Sicherheit erkennen.

Die sehr häufig beobachteten *Seenplatten* entstanden stets in der Nähe des Treffpunkts zweier Gletscherarme. Bei dem Zusammenstoss bildeten sich durch den Aufstau — insbesondere unter dem schwächeren, in seinem Abfluss stärker beeinträchtigten Arm — infolge der mächtigen Kräfte, die bei der Herstellung des Gleichgewichts zwischen den Gletschern losgelöst wurden, zahlreiche Bodenauskolkungen, die heutigen Seenplatten. Erfolgte der Zusammenstoss beider Gletscherarme in der Höhe des heutigen Meeresspiegels, so treten an die Stelle der Seenplatten *Inselgruppen,* bei denen die zwischenliegenden Meeresteile den Kolken oder Einzelseen entsprechen. Beispiele hiefür sind die norddeutschen, finnischen, russischen, französischen und kanadischen Seenplatten, sowie die dänischen, finnischen, ägäischen, mittelamerikanischen und polynesischen Inselgruppen.

Zur Günz- und Mindeleiszeit mag wohl die Menge des in Landseen und Meeren angesammelten Wassers und damit der Umfang und die Ausdehnung der Meere wesentlich geringer gewesen sein, als zur tertiären und heutigen Zeit, weil die von Pol zu Pol reichenden, auf den Festländern und über dem Meeresgrund sich ausbreitenden Vergletscherungen von überaus grosser Mächtigkeit eine ganz beträchtliche Wassermenge gebunden hielten. Auf diese Weise sind — ohne Zuhilfenahme von Hebungen und Senkungen (unmittelbar vor und während der Eiszeit) — die von der Mitte der Tertiärzeit (Miozän) an beobachteten *Trockenlegungen* von Seen und seichten Meeresteilen zu erklären.

Während der Quartärzeit wurde aber auch an verchiedenen Meeren (Adriatisches-, Kaspi-, nördliches Eis-Meer u. a.) das gerade Gegenteil des eben Erwähnten, nämlich bedeutende *Wasserübertritte* beobachtet. Die Wasser dieser Meere stiegen um mehrere hundert Meter und in den Schlammablagerungen der viele hundert Kilometer langen und breiten Transgressionen finden sich zahlreiche Versteinerungen von Lebewesen jener Meere. Zur Erklärung solcher Ausuferungen musste bisher angenommen werden, dass auf die vorangegangenen Hebungen ausgedehnter Teile der Erdkruste nunmehr mächtige Senkungen gefolgt sind. Wie aber oben die Austrocknung als Folge der allmählichen Festlegung des Wassers in Form von Gletschereis geschildert wurde, so erklärt sich auch die nunmehr eingetretene Spiegelhebung und damit das Ueberfliessen des Wassers und Meeresschlamms über die bisherigen Ufer durch das langsam vor sich gehende Einströmen von Gletschereis in die damaligen Seen und Meeresteile Dabei kommt man zu dem weiteren Ergebnis, dass alle Wasserbecken, an denen Ausuferungen beobachtet werden, entweder Landseen oder durch den Oberlauf der Gletscher von dem Ozean abgetrennte Meeresteile waren.

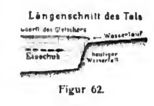
4. Wasserfälle.

Auch die Wasserfälle müssen in ihrer überwiegenden Mehrzahl auf die Eiszeit zurückgeführt werden und zwar sind drei verschiedene Arten der Entstehung zu unterscheiden.

Die erste Art liegt darin begründet, dass, wie Penck und Brückner gezeigt haben, die Sohlen der von Eisströmen durchzogenen Täler sich staffelförmig ausbilden. Die Längenschnitte solcher Täler stellen nämlich eine Aneinanderreihung von seeartigen *Wannen* (vergl. Fig. 6) und von schluchtähnlichen *Riegeln* dar*) und letztere haben sich teilweise als Stromschnellen und Wasserfälle bis heute erhalten. Solchen Riegeln entsprechen in den Alpen z. B. ein Teil der Klammen, in denen der Wasserfall zumeist nach rückwärts gewandert ist, so dass er sich heute am oberen Klammende befindet.

Eine zweite Art von Wasserfällen entstand an den *Mündungsstellen* der Nebentäler in die Haupttäler. Wenn in einem Tal längere Zeit hindurch starker Eisschub stattfand, vertiefte und übertiefte es sich rasch durch die auspflügenden Wirkungen des Eises (vergl. Fig. 1—4), während in den wenig oder keine Eisbewegung zeigenden Nebentälern der alte Talboden erhalten blieb. Die Nebenbäche fallen daher noch heute vom oberen Talboden über die steile Trogwand des Talhangs zu dem tiefer gelegenen Talboden des Hauptals in teilweise recht hohen Fällen herunter (z. B. Staubbachwasserfall im Lauterbrunnental).

Die dritte und merkwürdigste Entstehungsart von Wasserfällen ist die durch *talaufwärts* wandernde Eisströme. Solche Gletscherzungen graben sich unter sonst gleichen Verhältnissen umso tiefer in die Talsohle ein, je mächtiger der Eisstrom ist. Hört nun der Ueberdruck von dem Nährboden her aus irgend welchem Grunde auf und schmilzt die Zunge ab, so wird an der Stelle, bis zu welcher das Eis gelangt war, ein Absturz entstehen, über den nun die Wasser in Fällen oder starken Stromschnellen hinabstürzen (Fig. 62). Fälle, die auf diese Weise entstanden sind, geben somit den Endpunkt der zu einer bestimmten Zeit flussaufwärts gewanderten Gletscherzunge an; die Höhe des Falls wird ungefähr der Mächtigkeit und das Oberwasser des Falls unge-



Figur 62.

*) vergl. Penck und Brückner (S. 302). „Die Uebertiefung der Hauptgletscherbetten nimmt nicht gleichmässig bis zu den Zungenbecken hin zu, sondern erreicht wiederholt lokal grössere Beträge. Der übertiefte Talboden hat daher nicht die Konstanz des Gefälls wie die Flussspiegel und die Gletscheroberflächen; er fällt stufenförmig, und gliedert sich in einzelne, besonders übertiefte Becken, die durch Riegel von einander getrennt werden. Die letzteren sind grösstenteils durch die Talflüsse zerschnitten und die Becken sind gewöhnlich mit jüngeren Anschwemmungen erfüllt. Denkt man sich diese Aufschüttungen und jene Einschnitte wieder beseitigt, so würde der übertiefte Talboden meist in eine Reihe von einzelnen Wannen zerfallen, die Seen bergen."

fähr der Oberfläche der früheren Zunge entsprechen. Hiezu sind, wie später gezeigt werden wird, z. B. der Niagarafall, die Nilkatarakte, die Sambesifälle u. a. zu rechnen. Hieher gehören aber auch die allerwärts beobachteten, plötzlich und steil endigenden Abschlüsse von Tälern kleiner Bäche und von Trockentälern — einschliesslich eines Teils der arabischen und afrikanischen Wadis —, deren Entstehung durch Gletscherströme etwa mit dem Vorgang beim Schneepflügen der Eisenbahnen zu vergleichen ist, wobei ein Bahnschlitten von der Lokomotive in die tiefen Schneeanhäufungen hineingeschoben wird und, weil die Massen zu mächtig sind, erfolglos wieder zurückgezogen werden muss, so dass eine steilwandige Furche zurückbleibt.

5. Diluvialablagerungen.

Nachdem die von Penck und Brückner eingeführten 4 Eiszeiten von weiteren Kreisen angenommen worden sind, ist es eine notwendige Folge, künftig auch 4 verschiedene Moränenablagerungen zu unterscheiden und diese etwa nach ihrer Zusammensetzung zu gliedern.

Die Ablagerungen der Riss- und Würmgletscher dürfen als bekannt vorausgesetzt werden: es sind dies die in Deutschland bis an den Harz reichenden skandinavischen und die bis über die Donau gekommenen alpinen Geschiebe. Die Moränen dieser Gletscher enthalten einerseits weit mehr Bestandteile des Urgebirgs als die der Günz- und Mindeleiszeit, weil sich die Ausfurchungen der Täler zu dieser Zeit bereits viel tiefer in den Kern der die Nährböden der Gletscher bildenden Gebirge eingebohrt hatten, und sind andererseits weniger stark zermahlen und verwittert, weil sie zumeist, wie erwähnt, aus widerstandsfähigeren Schichten stammen, auf kürzere Strecken verfrachtet wurden und seither kürzere Zeit der Verwitterung ausgesetzt waren. Der Ursprung dieser Geschiebe ist daher heute noch mit Leichtigkeit zu bestimmen.

Die Ablagerungen der Günz- und Mindeleiszeit dagegen können hinsichtlich ihres Ursprungsorts in den meisten Fällen nicht mehr bestimmt werden. Sie sind durch Gletschertätigkeit zermahlen und ausgeschlämmt, sowie an ihre heutige Liegestätte geschoben oder dort als Bodensatz abgesetzt worden (vergl. Vierter Abschnitt und Fig. 145). Sie gehören also entweder zu den Grund-, Seiten- oder Endmoränen der Günz- und Mindelgletscher, oder sind sie bei Aufstauungen und Wasserübertritten (Transgressionen S. 49) aus den schlammerfüllten Schmelzwassern jener Eiszeiten oder ihrer Unterabteilungen abgelagert worden. Im folgenden ist es nicht möglich, die beiden Eiszeiten auseinander zu halten, weil hiezu, ausser anderen Hilfsmitteln, vor allem auch genaue Höhenkarten nötig sind, um die Längen-

gefälle der Gletscher aufzeichnen zu können. Dies ist daher Sache späterer Untersuchungen. Soviel ist aber sicher, dass *alle nicht riss- und würmeiszeitlichen, quartären Ablagerungen, Erzeugnisse jener ältesten Vergletscherung* sind, wie: Ton*), Lehm**), Letten, Löss***), Sand, Kies, Deckenschotter, Terrassenschotter, Quarzkiesel, sowie auch der Gehängeschutt****),

*) *Ton* ist ein wasserhaltiges Tonerdesilikat. Er besteht aus zersetzten, ausgeschlämmten und zusammengeschwemmten Teilen feldspatführender Gesteine, zeigt Beimengungen von Kalk-, Magnesia- und Eisenkarbonaten und ist vielfach durch zufällige Bestandteile und organische Reste verunreinigt. Unter dem Mikroskop erweist er sich aus staubartigen, erdigen Teilen und kristallinen, perlmutterglänzenden Schüppchen zusammengesetzt. Trocken fühlt er sich mager an, befeuchtet wird er sehr bildsam.

**) *Lehm* ist ein Gemenge von Ton, Quarzsand, Glimmerblättchen und Eisenoxydhydrat. Er kann auch als ein durch diese Beimengungen verunreinigter Ton bezeichnet werden, der dadurch viel an Bildsamkeit verloren hat.

***) *Löß* kann als ein durch äusserst feinen Quarzsand, sowie durch kohlensaueren Kalk verunreinigter Ton bezeichnet werden. Der Kalkgehalt, der in der Hauptsache aus einer dünnen Kalkumhüllung der Quarzkörnchen besteht, ist kennzeichnend und bewirkt, dass der Löß beim Betupfen mit Säure plötzlich stark, aber nicht anhaltend aufbraust. Er unterscheidet sich vom Lehm dadurch, dass er, mit Wasser übergossen, allmählich zerfällt ohne eine formbare Masse zu bilden. Er enthält ausserdem Kalkkonkretionen (Lößkindel) und organische Beimischungen (Schnecken, Säugetierreste und dergl.).

Lehm und Löß ruhen in Shhwaben unmittelbar auf Trias und kristallinischen Gesteinen und mischen sich in ihren tiefsten Lagen mit dem Grus dieser Gesteine. Lehm- und Lößablagerungen finden sich — viel öfters als dies die geologischen Karten angeben — oft inselförmig und von kleinstem Umfang allerwärts zerstreut und bekunden eine ehemalige grössere Verbreitung. Die Lößmassen werden oft durch Lehmeinlagerungen geschichtet

Die Bildung des Lösses und Lehms ist zweifellos zeitlich begrenzt durch die Ablagerungen der ältesten und jüngsten Eiszeiten. Sie war wegen der teilweise durchgehends gleichartigen Beschaffenheit und der teilweisen Schichtung der Lössmassen bisher sehr schwer zu erklären. Der Annahme der Entstehung des Lösses durch Einfluss der Atmosphärilien oder durch Absetzung von Hochfluten (Berglöss und Tallöss) steht — neben vielen andern Bedenken — stets die Tatsache entgegen, dass Lössablagerungen heute nicht mehr entstehen, sondern sich höchstens an besonders geeigneten Oertlichkeiten unter dem Einfluss von Wind umlegen. (Die Annahme, dass der Löss den Bodensatz von Stoffen darstellt, die von den Schmelzwassern aufgelöst oder wenigstens ausgeschlämmt wurden, und dass er insbesondere infolge der beim Aufeinandertreffen von entgegengesetzt gerichteter Eismassen entstehenden Stauungen sich in besonderer Mächtigkeit ablagerte, dürfte eine nach allen Richtungen befriedigende Erklärung abgeben).

****) *Gehängeschutt* besteht aus Bruchstücken des in nächster Umgebung anstehenden Gebirgs. Ueber den Urgebirgen sind die teils eckigen, teils runden Gesteinstücke in Lehme und halbverlehmte Lösse eingebettet, über den Schichtengesteinen liegen die mehr oder weniger grossen Zertrümmerungen dieser Schichten mit tonigen, lehmigen und sandigen Beimengungen vermischt, die nicht selten in Gehängelehm und Lösse von grösserer Mächtigkeit, sowie verschiedener Farbe und Beschaffenheit übergehen. Oertliche Beeinflussung ist überall nachweisbar.

(Der Gehängeschutt ist durch Reibung der unter starkem Druck vor- und rückwärts sich bewegenden Gletschermassen unter gleichzeitiger Ausschlämmung der abgelösten weichern und leichter verwitterbaren Bestandteile entstanden. Durch den Einfluss des Frosts, der Feuchtigkeit und der unter Druck stattfindenden Reibung sind die unter dem Gehängeschutt anstehenden Gesteine des öfteren bis zu mehreren Meter Tiefe in Einzelstücke aufgelöst, zerbröckelt und zu Grus zersetzt. Daher rührt es auch, dass die Mächtigkeit des Gehängeschutts in den Staustrecken der Eisströme und an konvexen Talstellen besonders gross ist und dass an stark konkaven Talhängen der Schutt oft ganz fehlt. Gehängeschutt ist als erste Uebergangstufe vom festen Gestein zur damaligen Moräne, d. h. zum Ton, Lehm und Löss zu betrachten).

der Ortstein und der Bleisand*) des schwäbischen Buntsandsteins, Knochenbreccien, Bohnerz- und Terra-Rossabildungen in den südöstlichen Alpen, im Karst, in Dalmatien und Italien, weiterhin der in England und Belgien vorkommende Crag**) die auf den Hochebenen Afrikas liegenden Mikindani-Schichten***), alle in den afrikanischen, asiatischen, amerikanischen und australischen Wüsten liegenden Laterite****), Sanddünen, Salztone, Seifen, sowie der Rote Ton (read clay) der Tiefsee*****).

Die *Zusammensetzung* dieser älteren Moränenablagerungen ist, der Natur der Sache nach, sehr verschieden und von den Nährböden der Gletscher

*) Die Bildung des wegen seiner Unfruchtbarkeit gefürchteten Ortsteins (Ahlerde, Noro), der als eine Art verkitteter Gehängeschutt aufzufassen ist, wird zur Zeit in nachstehender Weise erklärt: Die Humussäuren des im Schwarzwald häufigen Rohhumus laugen die Nährsalze aus den oberen 20—80 cm des Bodens aus, wobei grauer Bleisand zurückbleibt, und bilden Humate, die als Zement die Sandkörner und Gesteinsbrocken der nächsten unterlagernden, 20—50 cm mächtigen Schichte zu der steinharten, undurchlässigen — der *Ortsteinschichte* — verkitten. Als ortsteingefährdete Böden sind besonders die losen Schuttmassen sowohl des Granits wie des Sandsteins zu betrachten. (Ortstein setzt in scharfer Grenze von Bleisand ab und kommt nur in den vom aufgestauten Mindeleis erfüllten Tälern vor und wird in den dem freien Eisablauf offenen Tälern nicht beobachtet und dürfte ein Erzeugnis der Reibung des Mindeleises auf dem Untergrund mit gleichzeitiger Schlämmung und Kalkinfiltration sein).

**) Nach Süss S. 378 liegt der englische *Crag* (Ton) auf dem alttertiären Londonton und enthält eine wesentliche Beimengung von nordischen Formen. Das Vorkommen eines grossen Porphyrblocks im Crag wurde als Beweis dafür angenommen, dass Transport durch Eis stattgefunden habe. Ferner zeigen die Cragablagerungen sowohl Englands als Belgiens trotz ihrer geringen Höhe über dem heutigen Meeresspiegel ganz deutliche Spuren wiederholter Schwankungen der Strandlinie. (Die zahlreichen Reste von Knochen kleiner und grosser Landtiere in derartigen Tonen finden ihre Erklärung ebenfalls ungezwungen in dem Umstand, dass diese Tiere sich vor den angeschobenen Eisströmen mehr und mehr zurückzogen, schliesslich aber zwischen zwei solche Ströme gelangten. Die als Strandlinien aufgefassten Vorkommnisse werden wohl eher, wie die Terrassen der Küstenländer als Vertiefungen" der Talböden zur Mindeleiszeit zu erklären sein).

***) Nach Bornhardt, Deutsch-Ost-Afrika S. 469 (vergl. B. III, a. 3, Deutsch-Ostafrika), bestehen die *Mikindanischichten* Deutsch-Ost-Afrikas, die auf den Fossilien führenden Tonen und Kalken des Jungtertiärs liegen, aus rötlich gefärbten sandigen Lehmen und lehmigen Sanden, die in der Nähe der Basis auch Kies und Geröllagen einschliessen, aber gänzlich frei sind von durchgehenden festen Gesteinslagen. Die Geröll- und Sandablagerungen bestehen der Hauptsache nach aus Gesteinsarten, die in der Nähe vorkommen, enthalten aber ausserdem auch Kiesel, Achate und sonstige härtere Gesteinsfragmente, sowie auch verkieselte Holzstämme. Nach der Art ihrer Lagerung muss ihrem Absatz eine Denudationsperiode vorhergegangen sein, in welcher die eben erst gebildeten jungtertiären Schichten zu einem erheblichen Teil wieder zerstört worden sind. Die Schichten werden danach allenfalls noch zum jüngsten Tertiär, wahrscheinlicher aber noch zum Quartär zu stellen sein. Sie finden sich auf Höhen bis zu 825 m zwischen dem Indischen Ozean und dem Tanganjika-See.

****) Laterit oder Terra rossa ist seiner Zusammensetzung nach teils lockerer Sand, teils Ton, teils durch Einsickerungen schlackenartig versinterter Stein. Die rote bis rotbraune Farbe rührt von Eisenoxyd her. Oft umschliesst der Stein Quarzgerölle, Eisenoxydkonkretionen und gröbere Gesteinsbruchstücke. Er ist in den Tropen so stark verbreitet, dass er in Asien 16 %, in Südamerika 43 % und in Afrika sogar 49 % der Bodenfläche einnimmt, so dass Schweinfurth Afrika den „Roten Erdteil" genannt hat.

*****) Nach Murray unterscheidet man neben den Küstenablagerungen die abgelöste Teile der Ufer und Trümmer der Festländer enthalten, Schlammniederschläge (Globigerinen-, Radiolarien- und Diatomeen-Schlamm) von abgestorbenen und unlöslichen Tieren- und Pflanzen-Organismen, sowie graue, schokoladebraune und rote Tiefseetone, die etwa $^1/_3$ des Meerbodens, d. h. $^1/_4$ der ganzen Erde, einnehmen (vergl. Vierter Abschnitt und Fig. 145) und ganz kleine Teilchen von Mineralien, wie Quarz, Glimmer, Bimsstein, Lava, Braunstein u. s. w. enthalten.

und den durchströmten Schichten abhängig. Die Nährböden wurden von den zu Ende der Tertiärzeit nach und nach emporgestauchten Faltengebirgen gebildet, die in ihren Vorbergen grösstenteils noch mit weichen Schichtengesteinen überdeckt waren. Von hier aus flossen die mächtigen Eisströme selbstverständlich zunächst den damaligen Niederungen zu, die aus verhältnismässig weichen Kreide- und Tertiärablagerungen bestanden, bohrten sich dort tief ein und schoben diese weichen Massen haufenweise nach allen Richtungen vor sich her, sie auf den weiten, talauf und talab führenden Wegen kräftig zermahlend und ausschlämmend.

Es ist daher leicht erklärlich, dass diese alten Moränen im allgemeinen weniger widerstandsfähige Bestandteile aufweisen, als die jüngeren und dass *Lösse, Lehme, Letten, Tone und dergl.* deren Ursprungsort nicht erkannt werden kann, vorherrschend sind. Die so weit verbreiteten Ablagerungen, die sich insbesondere bei Talkrümmungen an den konvexen Hängen und beim Zusammenfluss zweier Gletscherarme an geschützten Stellen in besonderer Mächtigkeit vorfinden, geben Zeugnis von der gewaltigen Tätigkeit des Eises. Da die diluvialen Lehme in der Neuzeit zumeist Anlass zur Anlage von Ziegeleien geworden sind, so sind letztere als Wegweiser zur Auffindung der Moränenablagerungen (insbesondere derer zur Mindeleiszeit) zu betrachten.

Häufig erscheinen die Rückstände der Moränen nicht nur unabhängig von den weiter zurückliegenden Oberflächengesteinen, sondern sogar nur beladen mit denjenigen Schichtentrümmern, die der Gletscherstrom unmittelbar vorher abgescheuert hat. So liegen z. B. allerwärts auf den glattgeriebenen widerstandsfähigen Gesteinschichten (in Schwaben hauptsächlich Weissjurakalk, Liaskalk, Keupersandstein, Muschelkalk, Urgebirge), über deren Oberfläche hinweg die Eismassen geschoben wurden, teils eckige, teils schwach gerundete, lose, in Lehm gebettete *Gesteinstücke* der benachbarten oder unterlagernden Schichten. Die Kanten der kalkigen Schichten zeigen auf der dem Eisanprall ausgesetzten Seite deutliche Spuren der Glättung, Rillung und Verwitterung und die Oberfläche der Sandsteine weist Schrammungen und sogar Gletschertöpfe kleinsten Umfangs von Fingerhut- bis Kopfgrösse auf, die wohl wahrscheinlich durch Quarzkörner und -kiesel ausgehöhlt worden sein mögen.

Aus den geschilderten Umständen erhellt aber auch, dass, wenn in diesen alten Moränen überhaupt *Geschiebereste* vorkommen, diese nur aus den härtesten und widerstandsfähigsten Quarzkieseln bestehen können, wie dies tatsächlich die ältesten und höchst gelegenen Quarzgerölle entlang alter Flussläufe und die vielfach durch Meere und Seen geschobenen und dort ausgeschlämmten reinen Quarzsande der Wüsten zeigen.

Dass diluviale Sand- und Tonablagerungen, insbesondere diejenigen der Wüsten, teilweise starken *Salzgehalt* aufweisen, und dass mitten in

diesen Ablagerungen Salzseen, teils mit, teils ohne sichtbaren Abfluss angetroffen werden, erklärt sich einfach daraus, dass der zugehörige Gletscher vor seinem Ende ein vorhandenes Meer durchflossen und sich mit dessen Lauge gesättigt hat

Bezüglich der *süddeutschen Schotterablagerungen* wird seither in vielen Flusstälern zwischen Deckenschottern, sowie zwischen Hoch- und Niederterrassenschottern unterschieden. Nach den früheren Ausführungen (Zweiter Abschnitt, 1–4), ist aber die weit überwiegende Zahl der Schotter in dem schwäbischen Unterland und Franken zur Mindeleiszeit abgelagert worden, so dass in der Hauptsache die Deckenschotter dem Beginn, die Hochterrassenschotter der Mitte und die Niederterrassenschotter dem Ende der Mindeleiszeit zuzurechnen sind. Die Verschiedenheit in der Höhe der Ablagerung über dem heutigen Fluss ist unter Umständen von ganz untergeordneter Bedeutung und kann sogar nur von verschiedenen örtlichen Aufstauungen der Gletscherzungen herrühren. So gehören z. B. die Schotter, die in den schwäbischen Muschelkalktälern in den verschieden hohen Sätteln von abgeschnürten Inselbergen angetroffen werden, meistens der nämlichen Unterabteilung der Eiszeit an und wurden nur wegen der wechselnden Enge des Tals und der verschiedenen Widerstandsdauer der jeweiligen Riegel, die nach den früheren Ausführungen die Ursachen der Bildung des Inselbergs waren in verschiedener Höhe über der heutigen Talsohle abgelagert.

Die *Veränderungen* und Umlegungen der Lösse, Lehme, Sande u. s. w. *durch Wasser und Winde* in den Zeiträumen zwischen der Mindel- und Risseiszeit, der Riss- und Würmeiszeit und schliesslich der Würmeiszeit und der Gegenwart sind verhältnismässig unbedeutend*). Für die Annahme, dass auch viele der als Humus bezeichneten Gebilde teils als Bodensätze alter Eisbecken, teils als Umlagerungen benachbarter verwitterter Schichtenreste aufzufassen sind, spricht der Umstand, dass der Humus rasch und stark wechselnde Mächtigkeit hat und häufig keine Bestandteile der unterlagernden Schichten zeigen kann. (In Schwaben z. B. liegt Humus, der keine Spur von Kalk zeigt, unmittelbar über Schichten reinen Kalks).

6. Kalktuffe und Versinterungen.

Eine weitere wichtige Erscheinung der Quartärzeit ist die Bildung der Höhlen und Kalktuffe. Die gewöhnliche Deutung hiefür ist die, dass die Tagwasser beim Aufschlagen auf die Erde und Durchdringen der Bodenschichten Säuren, insbesondere Kohlensäure, in sich aufnehmen, auf ihrem

*) Süss, Eduard, das Antlitz der Erde, Prag und Leipzig 1885, S. 91. „F. v. Richthofen war durch seine ausgebreitete Kenntnis des Landes in den Stand gesetzt, aus dem Yü-king den Verlauf der Ströme vor viertausend Jahren zu ermitteln, und zu erweisen, dass seither die grosse Ebene keine grossen Veränderungen erlitten hat".

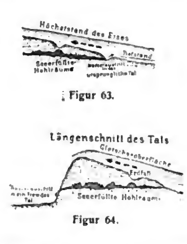
Euting (vergl. Anmerkung S. 67), weist nach, dass die Umlegungen des Sands in der Wüste Nefud in Arabien ebenfalls ganz unbeträchtlich sind.

Weg durch die Spalten und Klüfte von Kalkgebirgen, sowie durch Kalkgeröll einen Teil des Kalks lösen und als doppelkohlensauren Kalk — wobei infolge der fortgesetzten Auslaugung das Gestein mit der Zeit porös wird und anfängt Höhlen zu bilden — mit sich fortführen und dass die Wasser sodann beim Zutagetreten infolge der beginnenden Verdunstung den gelösten Kalk als Tuff (kohlensauren Kalk), wieder fallen lassen. Diese Deutung mag zwar unter gewissen örtlichen Verhältnissen in beschränktem Umfang zutreffen, gibt aber keine allgemeine befriedigende Erklärung. Denn die Langsamkeit der heutigen Tuffbildung im Vergleich zu der mächtigen Ausdehnung der Tuffmassen, die Täler kilometerweit ausfüllen, viele Meter hoch anschwellen und seit Menschengedenken abgebaut werden, beweist klar, dass die Tuffe keine bloss örtlichen Erscheinungen sind. Dazu kommt, dass oft ein und derselbe Bach an zwei, unter Umständen räumlich weit von einander liegenden Stellen solche Ablagerungen zeigt, in der Zwischenstrecke aber keinen Tuff niederschlägt, oder dass ein anderer, den nämlichen Schichten entquellender Bach überhaupt keinen Kalk absetzt. Aus all dem folgt, dass die zur Diluvialzeit vor sich gegangenen Kalktuffausscheidungen mit Gletschertätigkeit zusammenhängen müssen.

Die bei der *Tuffbildung* in Betracht kommenden Quellen wurden wohl erst durch die tiefergehende Schichtenabtragung und Taleinfurchung zu Ende der Mindel-, teilweise auch erst zur Riss- und Würmeiszeit zum Hervorbrechen gebracht. In diesen Zeiten bewegten sich die Gletscherströme in den bereits vertieften Tälern. Das Eis staute das verhältnismässig warme Quellwasser auf und die Kalkausscheidungen und Niederschläge erfolgten nach rein physikalischen Regeln überall da, wo das Quellwasser durch das kältere Gletscherwasser sehr rasch abgekühlt wurde. Mit anderen Worten: Die grösseren Tuffbänke zeigen sich an solchen Stellen, wo ein aus kalkreichen Gebirgen kommendes Gewässer eine Gletscherzunge erreichte (vgl. auch Fig. 143). Hiemit erklärt sich auch das zahlreiche Vorkommen von Tierknochen, Hirschgeweihen u. s. w. in Tuffen, indem die Tiere, insbesondere auch die verwundeten und kranken, zur Tränke nach dem reinen, nicht durch Gletscherschlamm verunreinigten Wasser kamen und dort verendeten. Auch das häufige Vorkommen von Blättereinkapselungen im Tuffgestein ist nach obigem leicht verständlich. Die Quellwasser führten das abgefallene Laub mit sich, um es dort, wo sie gestaut wurden, d. h. an den Stellen, wo sie den Gletscher erreichten, wieder abzusetzen.

Die *Versinterungen*, durch die zur Quartärzeit Geschiebe und Sande schichtenweise in den verschiedensten Mächtigkeiten und Härtegraden verkittet wurden, sind wohl ebenfalls auf Einsickerung von Wasser, das mit Karbonaten oder Silikaten übersättigt war, zurückzuführen. Solche Wasser

mögen z. B. infolge der fortschreitenden Arbeit der Gletscher durch Ausbrüche heisser Quellen, ähnlich den neuerdings im Simplontunnel erschlossenen, über grosse Flächen sich ergossen haben. Die Ueberladung der Wasser mit Mineralbestandteilen geschah, wie bereits ausgeführt, durch lang andauernde Berührung mit Kalk, Feldspat u. s. w. führenden Schichten und Geröllen. Das Eindringen in diese Schichten ist teils auf den dem Gesetz der Schwere folgenden natürlichen Lauf der Gewässer unter der Erde zurückzuführen, teils auf künstliche Ueberstauungen (vergl. S. 22 u. Fig. 31—33), wobei das Wasser von talaufwärts wandernden Eisströmen in die Spalten der Gebirge eingepresst wurde und vermöge seiner chemischen und mechanischen Tätigkeit diese Spalten zu Klüften und Höhlen auslaugte. Wenn nun diese Wasser wieder zutage traten und über losen Geschiebe- und Sandablagerungen gestaut wurden, setzten sie, unter gleichzeitiger Verfestigung der Ablagerungen, die überschüssige Last darin ab. Das Wiederzutagetreten der unterirdisch eingezwängten Wasser und die nachfolgende Verkittung der unterlagernden Schichten kann auf verschiedene Weise erfolgt sein. Entweder lief das mit Mineralbestandteilen gesättigte Wasser bei einem zeitweiligen Rückgang des Eises aus den nämlichen Spalten, in die es eingepresst wurde, wieder in dasselbe Tal aus und ergoss sich nun über die Moränenreste des zurückgegangenen Gletschers (Fig. 63), oder aber fand es andere unterirdische Wege und brach hinter der Wasserscheide des ansteigenden Tals in einem benachbarten, tiefergelegenen Tal hervor, um die dortigen Moränenrückstände zu verfestigen (z. B. Fig. 64, Schwäbische Alb, Karst). In beiden Fällen kann sich der nämliche Vorgang bei einem erneuten Gletscherverstoss wiederholt haben, so dass sich der Wechsel von unmittelbar übereinander liegenden losen und verkitteten Schichten ohne weiteres erklärt.



Figur 63.

Figur 64.

Auch die zur Diluvialzeit in einzelnen Fällen beobachtete *Verkieselung von Holz* findet durch die von den Gletschern bewirkten Ausfurchungen von Tälern, Anschnitte von Quelladern und Aufstauungen von Quellwassern eine nach jeder Richtung befriedigende Erklärung*). Dabei waren es wohl

*) Der bekannte „Steinerne Wald in Arizona“ z. B. liegt auf einer Hochebene, die zahllose eiszeitliche Gebilde in Form von Felstürmen und Felstischen, von Hügeln und Kegeln aus Ton und Sand aufweist, die von tiefen Cannons durchzogen ist und in die vom Gilafluss durchzogene Wüste abfällt. Seiner Lage, Höhe und Umgebung nach zu schliessen, liegt der Steinerne Wald in der Nähe der Endmoräne des Südpolargletschers (vergl. II, b, 2 Kalifornien) und es mögen die *durch die Eismassen* zum Zutagetreten veranlassten heissen Quellen Lösungen von Kieselsäure und von Metalloxyden enthalten haben, wodurch die achatähnliche Versteinerung und Färbung der Baumstämme, die teils angeschwemmt, teils an der Ursprungstelle liegend angetroffen werden, Erklärung findet.

in der Regel dieselben Eisströme, welche einerseits die Stämme umknickten (und je nach Umständen an Ort und Stelle liegen liessen oder weiter beförderten) und andererseits die kieselhaltigen Quellen zum Hervorbrechen brachten, durch die das Holz mit der vor dem Verfaulen schützenden Flüssigkeit getränkt wurde und vor weiterer Zerstörung bewahrt blieb.

B. Im Besonderen.

Wenn man sich nun auf Grund der vorstehenden Beispiele aus Schwaben und Franken, in denen die ungeheuren Wirkungen der nordalpinen Gletscherströme dargelegt wurden, die Frage stellt: Wohin sind diese Eismassen geflossen, in welchem Masse sind andere Teile Europas und der gesamten Erde zur Günz- und Mindeleiszeit von Gletscherströmen aus anderen Gebirgen und aus den Polarländern überflutet und umgestaltet worden? so gelangt man (unter Berücksichtigung der derzeitigen Form, Richtung und Grösse der Gebirge, Halbinseln, Inseln, Fjorde, Seen, Meeresbuchten, Täler, Flüsse, Kanäle u. s. w. und bei genauester Abwägung der Frage, ob der voreiszeitliche Lauf der verschiedenen Flüsse gegenüber dem heutigen in gleicher, entgegengesetzter oder quer gehender Richtung erfolgte), zu dem *Ergebnis,* dass diese früh quartären Gletscher den grössten Teil der Erdoberfläche durchfurchten, dabei hohe Gebirgskämme teils zertrümmerten, teils aufs umfassendste in ihrer voreiszeitlichen Höhe und Richtung veränderten und den heutigen Festländern, Inseln, Tiefebenen, Seen, Meerbusen und Tälern im grossen ganzen ihre Ausdehnung und Gestaltung verliehen.

Die Sacré-Couer-Kirche auf dem Montmartre und die ungarische Königsburg, der Kreml in Moskau und die Alhambra in Granada, ebenso wie das Kapitol in Rom, der Parthenon in Athen und die Bauten der Zitadelle von Kairo stehen hienach auf alten, zur Günz- und Mindeleiszeit abgetragenen *Talböden* und die Strandberge der Stubbenkammer auf Rügen, wie die von Helgoland, Capri, Ceylon und Madagaskar, sind in gleicher Weise vom Eis *abgehobelt* worden, wie die landschaftlich hervorragend schönen Gestade von Norwegen, Lissabon, Japan und Rio de Janeiro.

Die *Moränen,* d. h. die zu Sand und Kies zerriebenen und mit Hilfe von Schmelzwasser zu Ton, Lehm, Letten und Löss ausgeschlämmten, teils auch durch spätere Einsickerungen von kalkhaltigen Wassern wieder verfestigten Trümmer der ehemaligen Gebirge und Talfurchen, sowie die von den Festländern und Inseln abgeschobenen früheren Auflagerungen geologischer Schichten wurden, entweder in gestauten Talbecken als Schlammschichten niedergelegt, oder in Gebirgsspalten und auf ansteigende Hochebenen geschoben oder zum Uebertritt über die hintern Wasserscheiden ge-

zwungen, oder ins Meer geworfen, oder endlich gar durch bestehende Meere hindurch geschoben und nunmehr als Salztone und salzhaltige Sande in den derzeitigen Wüsten aufgehäuft, deren muldenförmige Einsackungen trotz des teilweise reichlichen Zuflusses von süssem Wasser heute noch allerwärts durch Salzseen oder Salzsümpfe ausgefüllt sind.

Kurz, *die heutige Bodengestaltung,* nicht nur Schwabens und Deutschlands, sondern der ganzen Oberfläche *unseres Erdballs steht in innigem Zusammenhang mit den* nach der Tertiärzeit eingetretenen und insbesondere mit denen zur Günz- und Mindeleiszeit stattgehabten *Vergletscherungen.*

Da nach früherem bei der Mindeleiszeit in Schwaben drei länger dauernde Stillstände, verbunden mit neuen Verstösse unterschieden werden müssen und die Günzeiszeit wahrscheinlich auch in mindestens 2—3 Abschnitte zu gliedern sein wird, so ist es möglich, dass bei den im nachstehenden aufgeführten einzelnen Gletscherzungen unter Umständen 5—6 *Unterabteilungen* gemacht und dass demzufolge bei den einzelnen Vergletscherungen auch 5—6 verschieden weite und hohe Trogquerschnitte mit ebensovielen alten Talbodenresten oder (in Küstenländern) ebensovielen Terrassen (einseitigen Trogufern) unterschieden werden müssen. Dies ist jedoch erst Sache späterer, näherer Einzeluntersuchungen.

Im nachstehenden ist versucht, die vermutlichen Veränderungen, welche die Bodengestalt der Erde durch die Gletscherströme erfahren hat, zu schildern, vorerst unabhängig davon, welcher der beiden Eiszeiten diese Gletscher zuzuteilen sind und ob die einzelnen Zungen zu gleichen oder verschiedenen Zeiten abgegangen sind. In der Hauptsache ist nur die Wirkung der Eismassen zur *Zeit der grössten Ausdehnung* während der Günzeiszeit ins Auge gefasst und von der Berücksichtigung des ruckweisen, teilweise von Vorstössen unterbrochenen Rückgangs während der Mindeleiszeit, sowie aller andern örtlichen Vereisungen und der daraus entstandenen Gletscherarme (die unter Umständen sehr mächtig gewesen sein mögen) Abstand genommen werden.

Besonders hervorzuheben ist hiebei noch, dass die *Richtung der Eisströme,* auch wenn diese ein und demselben Nährboden entstammten, durch die verschiedene Einwirkung des Aufstaus in einzelnen örtlichen Fällen zu verschiedenen Zeiten ziemlich verschieden sein konnte. Solche Gebirge, deren Streichungsrichtung ungefähr parallel zum Eisschub verlief, vermochten die Gletschermassen als Leitlinien zu führen, solche aber, die quer zur Strömungsrichtung gelagert waren, wurden zumeist zerstört, durchbrochen, umgeworfen und dem heutigen Erdboden gleich gemacht (vergl. S 46).

Die Ausgangspunkte der Vergletscherungen waren vor allem die beiden Polarländer, sodann aber auch alle höheren Gebirge der Erde überhaupt, wie Alpen, Himalaja, Kordilleren u. a. Die *Einteilung* des Stoffs hätte sich

somit an diese verschiedenen Nährböden zu halten und die Ausführung hätte den Verlauf, sowie insbesondere das Zusammentreffen der einzelnen Ströme zu schildern. Da aber dem Verfasser eingehendere Forschungen nur bezüglich der alpinen Eisströme möglich waren, so sollen ausser den weitaus mächtigsten Polargletschern nur die letzteren ausführlich behandelt werden, während die Eisabflussverhältnisse des Himalaja, der Kordilleren usw. an den entsprechenden Stellen nur kurze Berücksichtigung finden mögen. Es ergeben sich hienach die drei Hauptabschnitte: Nordpolgletscher, Südpolgletscher, Alpengletscher. Der Uebersichtlichkeit wegen wurden die einzelnen Vergletscherungen nach Weltteilen, die einzelnen Zungen nach Ländern aufgezählt. Hiezu ist jedoch als selbstverständlich zu bemerken, dass diese Teilung eine erzwungene ist und dass es nach anderer Richtung zweckentsprechender gewesen wäre, nur zwischen nord- und südpolaren, nord- und südalpinen u. s. w. Gletscherströmen zu unterscheiden.

I. Nordpolargletscher.

Dieser Riesengletscher, der sich über Europa, Amerika und Asien ergoss, mag zur Günzeiszeit wohl eine Höhe von mehr als 1200 m über dem heutigen Meeresspiegel gehabt haben, wovon aber die bisher nicht erhobene Höhe der zu Beginn der Eiszeit vorhandenen und dem Gletscher untergelagerten Länder in Abzug zu bringen ist.

Der Gletscher muss ferner einen seinen Eismassen entsprechenden Nährboden gehabt haben, d. h. es muss in der Nähe des Nordpols ein Festland von entsprechender Ausdehnung und Höhenlage vorhanden gewesen sein (vergl. Fünfter Abschnitt, Anhang. A). Es erscheint nicht unwahrscheinlich, dass der grösste Teil des nördlichen Eismeers als eine grosse Wanne zu betrachten ist, deren Riegel in den nordasiatisch-amerikanischen Gebirgen noch erhalten sind, wogegen an den Hauptdurchbruchstellen eine Reihe von Inseln (nordkanadische Gruppe, sowie besonders Nowaja-Semlja, Franz-Josefsland und Spitzbergen, siehe Fig. 72), als Reste der alten Riegel sich vorfinden*).

Wenn man sich nun die Möglichkeiten des Abflusses dieser ungeheuren Eismassen gegen den Aequator vergegenwärtigt, so tritt klar hervor,

*) Süss, S. 644 und 645. Der Ural streicht quer durch die Insel Waigatz und setzt sich auf Nowaja Semlja fort; die Jugor'sche- die Karische- und die Matotschkin-Strassen sind Querfurchen (Eisdurchbruchstellen), wie die Strasse von Gibraltar.

dass diese im Verhältnis zu der Gesamtausdehnung des Eises stark eingeschränkt waren (vergl. Fig. 65). In *Europa* stiessen die vom Nordpol nach Süden Abfluss suchenden Eismassen an den Karpathen, Alpen und Pyrenäen auf quer gelagerte unübersteigliche Hindernisse. Im nördlichen Teil der Westküste *Amerikas* sind das Felsen- und Kaskaden-Gebirge in ostwestlicher Richtung umgebogen und stehen mit den östlichen Ausläufern der asiatischen Gebirge in fast unmittelbarem Zusammenhang; selbst wenn die aufgestauten Eismassen dieses zu ihrem Abfluss quer gelagerte Hindernis (wie es in der Behringstrasse und über die Tschukschenhalbinsel hinweg auch tatsächlich der Fall war), durchschnitten hatten, so bereiteten dort sogleich die hohe Vulkankette von Alaska und den Aleuten, sowie die von Kamtschatka und den Kurilen neue starke Hindernisse. In *Asien* stellte sich dem Abfluss des nordpolaren Eises das ganze ungeheuer hohe innerasiatische Hochland bis zum Pamirgebirge, dem Dach der Welt, entgegen; aber auch noch weiter gegen Westen war ein Ueberschreiten der persischen Hochfläche, des Kaukasus und des kleinasiatischen Hochlands nur an besonders tief gelegenen Stellen möglich. Der Abfluss des Eises nach Süden konnte somit in der Hauptsache nur zwischen Ural und Skandinavien, sowie zwischen Skandinavien und Grönland (östlicher und westlicher europäischer Zweig), zwischen Grönland und dem amerikanischen Felsengebirge (nordamerikanischer Teil) und schliesslich über die Behringstrasse und Westsibirien (asiatischer Teil) erfolgen, während ganz Mittelasien als gewaltige Stauwand entgegenstand.

1. Europäischer Teil.

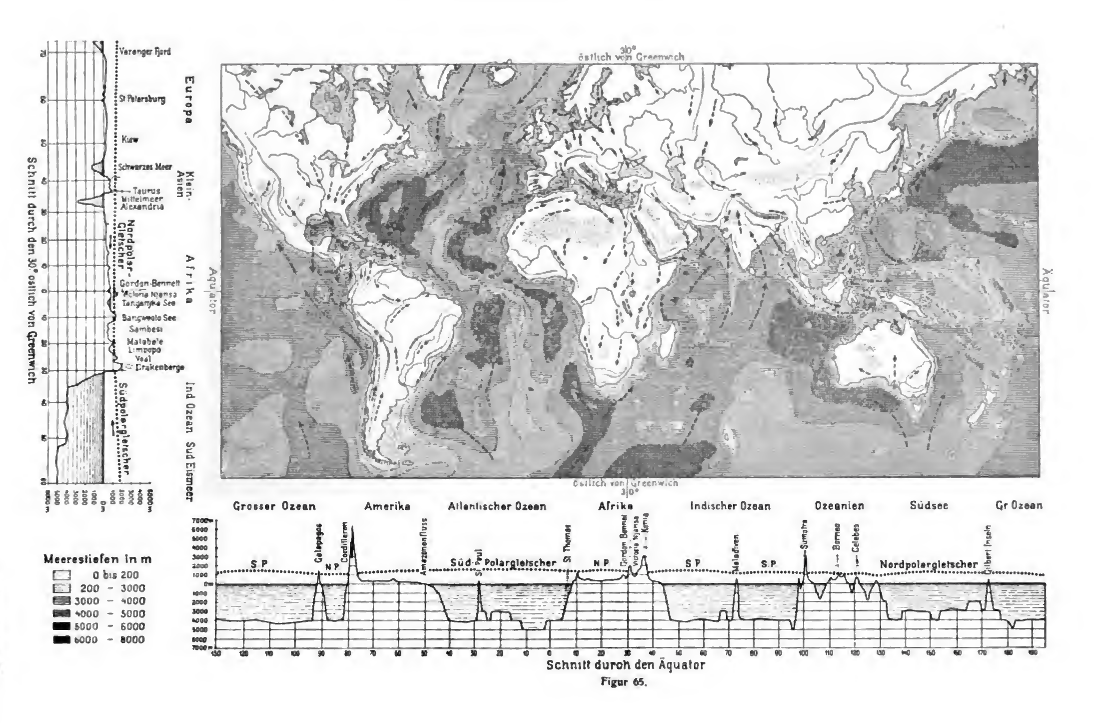
Wie schon bemerkt, wird die Gesamtmasse des über Europa eingebrochenen Eises durch das skandinavische Gebirge in einen östlichen und einen westlichen Zweig getrennt.

a) Oestlicher Zweig.

Zwischen den nord-südlich streichenden Gebirgen des Ural und der skandinavischen Kjölen brach zur Günz- und Mindeleiszeit ein mächtiger Eisstrom über Europa herein, bei welchem wiederum zwei Teile zu unterscheiden sind, der ost- und der westrussische.

Was zunächst die Gebirge betrifft, die diesen mächtigen Gletscher führten und östlich und westlich einrahmten, so zeigen sie leicht erkennbare Spuren der Abhobelung und Abschleifung, sowie deutliche Reste der alten Talböden in Form von Terrassen.

Der *Ural* weist Diluvialablagerungen in unablässiger Aufeinanderfolge durch fast 10 Breitegrade hindurch auf und hat dabei mit Ausnahme ein-



30° östlich von Greenwich
Äquator
Äquator
30° östlich von Greenwich
Europa
Klein-Asien
Afrika
Ind Ozean
Sud Eismeer
Varenger Fjord
St Petersburg
Kiew
Schwarzes Meer
Taurus
Mittelmeer
Alexandria
Nordpolar-Gletscher
Gordon-Bennett
Victoria Njansa
Tanganjika See
Bangweolo See
Sambesi
Matabele
Limpopo
Vaal
Drakenberge
Südpolargletscher
Schnitt durch den 30° östlich von Greenwich
Meerestiefen in m
0 bis 200
200 - 3000
3000 - 4000
4000 - 5000
5000 - 6000
6000 - 8000
Grosser Ozean
Amerika
Atlantischer Ozean
Afrika
Indischer Ozean
Ozeanien
Südsee
Gr Ozean
S.P.
Galapagos
N.P.
Cordilleren
Amazonenfluss
St Paul
Süd-Polargletscher
St Thomas
N.P.
Gordon Bennet
Victoria Njansa
Kenia
S.P.
Malediven
S.P.
Sumatra
Borneo
Celebes
Nordpolargletscher
Gilbert Inseln
Schnitt durch den Äquator

Figur 65.

zelner Zacken eine derart abgeriebene und abgerundete Gestalt, dass die Russen ihn „botschka, d. i. Fass" nennen. Er ist ferner von zahlreichen Parallelketten begleitet, die als Parma bezeichnet werden*). Diese Parallelketten nehmen infolge der Abschleifung durch das Eis gegen Osten und Westen langsam an Höhe ab und sind durch Längentäler (Eisrillen) von einander getrennt. Die Hauptkette zeigt mehrfach tiefe Einsenkungen, die als Uebertrittstellen von Eis zum Zweck des Ausgleichs zwischen dem europäischen und asiatischen Arm zu bezeichnen sind. Gegen Süden löst sich der Ural in mehrere Ketten auf, die ebenfalls infolge der Abschürfung durch die beiderseits hobelnden Gletscher nach der kaspischen Senke zu eine Zuspitzung und starke Erniedrigung aufweisen. An das Südende des Gebirgs schliesst sich als le'zter Rest der Mittelmoräne des zweiarmigen mindeleiszeitlichen Gletschers die ural'sche Salzsteppe an.

Das *skandinavische Gebirge* fällt nach Osten terrassenförmig ab und zeigt damit die den verschiedenen Eisständen der günz- und mindeleiszeitlichen Unterabteilungen entsprechenden früheren Talböden in schönster Ausbildung**). Der meist granitische Untergrund tritt teils als nackter Fels zutage, teils ist er mit einer mehr oder minder mächtigen Schicht von Ackerkrume oder mit Findlingsblöcken, sowie Dämmen von Sand und Grus bedeckt. Der Senkung der Talböden und des Eisstands entsprechend, hat sodann das skandinavische Inlandeis zur Riss- und Würmeiszeit tief eingeschnittene, unter sich parallele, senkrecht zum Gebirgskamm gegen die Ostsee abfallende Rillen, die derzeitigen Flusstäler, eingegraben, von denen die meisten eine ununterbrochene Kette von seeerfüllten Wannen und Wasserfälle bildenden Riegel darstellen.

Der zuerst zu betrachtende ostrussische Gletscherteil brach nun über die heutige grosse russische Tiefebene herein und floss dem Schwarzen und Kaspischen Meer zu, von wo aus Verzweigungen in verschiedene Einzelarme erfolgten.

Die Eismassen drangen über das heutige Gestade des Eismeers hauptsächlich entlang dem Lauf der Flüsse Petschora, Mesen, Dwina und Onega ins *Innere von Russland* ein, wo sie auf ihrem Weg nach Süden alle entgegenstehenden Gebirgszüge bis auf den Grund wegfegten***) und die heutige Sarmatische Tiefebene schufen, die auf weite Strecken mit Sumpf- und

---

*) Süss, S. 645. „Die Parma sind, soweit sie bekannt geworden sind, vorliegende Falten, welche die Abnahme der Faltung gegen die Ebene bezeugen und nur vor solchen Gebirgen erscheinen können, denen ein ihnen gleichartiges Land vorliegt. Würde fremdes Tafelland vorliegen, so gäbe es keine Parma."

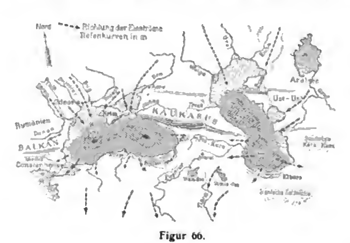
**) An den Hauptkamm schliesst eine 13 Meilen breite Zone mit 600—250m Meereshöhe an. Der folgende Abfall von 250—90m Meereshöhe übertrifft den vorhergehenden an Breite, der darauf folgende Gürtel von 90m Meereshöhe hat entweder zuletzt noch einen 20—50m hohen, senkrechten Abfall oder senkt sich allmählich zum Meer hinab.

***) Nach Süss, S. 774, sind in dem südlichen Teil der russischen Ebene die Spuren grosser gefalteter Gebirge erkennbar, deren äussere Gestalt (infolge gänzlicher Niederhobelung) völlig verloren gegangen ist.

Heideland bedeckt und von zahlreichen Seen und Seenplatten (teilweise mit salzhaltigem Wasser) durchzogen ist. Die abgeschobenen und abgehobelten Höhenrücken haben durchschnittlich nur noch 100—200 m Höhe und steigen sogar in den Gipfeln der Waldaihöhe bloss auf 350 m an. Ganz Russland zeigt also einen Wechsel von alten Wannen und Riegeln, deren Höhenunterschiede jedoch sehr verschwommen sind. Die ausserordentliche Fruchtbarkeit einzelner Landesteile wird durch die Auflagerung der sog. schwarzen Erde bedingt*), die derjenigen der Marschgegenden Norddeutschlands ganz ähnlich und ein Erzeugnis der Eiszeit ist.

Im Süden stiess dieser Strom auf die Kette des *Kaukasus,* welcher früher mit dem Jailagebirge im Süden her Halbinsel Krim und weiterhin mit dem Balkan zusammenhing**) und sich auch jenseits des Kaspischen Meers im Huriankarygebirge noch fortsetzte. Die Folge hievon waren gewaltige Aufstauungen, bis schliesslich die Kette an mehreren Stellen durchbrochen und die entsprechenden Schlaglöcher ausgekolkt wurden: Kaspisches und Schwarzes Meer.

Am Nordende des *Kaspischen Meers* traf der östliche Arm des ostrussischen Teils mit dem westasiatischen Gletscherstrom zusammen (vergl. Fig. 66). Beide durchbrachen nun miteinander als ersten Riegel den dem Kaukasus als nördliche niedere Parallelkette vorgelagerten und heute noch durch die Halbinsel von Alexandrowsk angedeuteten Höhenzug mit leichter Mühe, gruben das entsprechende Schlagloch im Kaspisee (768 m tief) aus, durchschnitten den Kaukasus und bohrten dahinter ein zweites, tieferes Schlagloch (etwa 1000 m) aus***), prallten aber schliesslich an dem mächtigen Elbursgebirge gewaltig an. Die Folge des hiedurch hervorgerufenen mächtigen



Figur 66.

*) Schwarze Erde bildet sich bei beeinträchtigtem Wasserabfluss und dadurch bedingter langsamer Verwesung organischer Stoffe. Die Bildung der Seenplatten und der schwarzen Erde steht in engem Zusammenhang mit den Aufstauungen des Eises durch den Kaukasus.

**) Süss, S. 611 und Tafel V: Die Beziehungen Europas zu Asien. „In jedem Falle stellen die Faltungen von Taman und Kertsch eine Verbindung von Kaukasus u. Krim her“ . . . „Favre betont zugleich den einstigen Zusammenhang des Balkan mit dem Gebirgsstücke der Krim.“

***) Süss, S. 438. „Der Kaspi besteht aus einer nördlichen seichten, und einer südlichen Hälfte, in welcher Tiefen von 1000 m erreicht werden, und welche, wie Abich gezeigt hat, auf einer vielleicht heute noch andauernden Senkung der quer über den Kaspi streichenden kaukasischen Kette liegt. Die Verbindung mit dem Aral hat in neuerer Zeit, das ist seit dem Bestande der heutigen Conchylien-Fauna . . . . bestanden.“

Aufstaus war zunächst die vollständige Zerstörung der oben erwähnten beiden Riegel, die Auskolkung des nördlichen Teils des Kaspisees, sowie des Aralsees (durch den gestauten asiatischen Arm) und schliesslich der Ausbruch einzelner Teile der Eismassen nach Ost, Süd und West. Im Osten erzeugte das Ringen der beiden Ströme die Niederung des Ust-Urt- und Turkmenenlands mit dem Aralsee als Senke und der Salzwüste Kara-Kum als Endmoräne der Mindeleiszeit. Im Süden vermochten einzelne Zungen das Elbursgebirge zu erklimmen und die Wasserscheide zu überschreiten. Damit war ihre Kraft jedoch gebrochen und sie legten nun in der Iranischen Salzsteppe ebenfalls ihre Endmoränen nieder. Im Westen endlich mögen einzelne Teile zwischen Elburs und Ararat übergetreten sein und sich mit dem Euphratarm (s. S. 66) vereinigt haben, während andere versuchten, entlang dem Südabhang des Kaukasus über Tiflis, wieder andere im Tal des Terek nördlich vom Kaukasus eine Verbindung mit dem Schwarzen Meer anzubahnen, beide jedoch ohne dieses Ziel zu erreichen. Die Salzseen und Steppen in den Flussgebieten der Kura, Terek und Kuban stellen ihre Endmoränen dar.

Ganz ähnlich gestaltete sich der Vorgang beim *Schwarzen Meer*. Zunächst wurde auch hier die nördliche Parallelkette des Kaukasus durchbrochen und als Schlaglöcher das Asow'sche Meer und die Bucht von Odessa*) ausgebohrt. Sodann erfolgte der Uebertritt über die Kaukasus-Balkankette selbst in der Fortsetzung jener zwei Einbruchstellen. Die zugehörigen Schlaglöcher (etwa 2000 m tief) ergeben sich aus den Tiefenkurven des Schwarzen Meeres mit voller Klarheit.**) Die nunmehrige Aufstauung des Eisstroms an den kleinasiatischen Gebirgen hatte die vollständige Zerstörung der Durchbruchstellen, zwischen denen nur noch die Halbinsel Krim mit dem letzten Gebirgsrest, dem Jailagebirge, erhalten blieb, sodann die Vereinigung der beiden Schlaglöcher zu einer Schlagrinne, die durch weitere Auskolkung schliesslich zum „Schwarzen Meer", wurde, und endlich wieder den Ausbruch einzelner Zungen nach verschiedenen Richtungen zur Folge.

Gegen Osten wurde eine Zunge nach *Armenien* in das Tal des Rionflusses geschoben (entgegen der kaspischen Tifliszunge), ohne jedoch das Gebirge durchbrechen zu können.

Weiterhin zeigt der im Südosten des Schwarzen Meeres gelegene Höhenzug des Pontischen Gebirges verschiedene Duchbruchstellen. Von den

*) Die sog. Limane östlich von Odessa, welche grosse, von Norden kommende, seeerfüllte Taleinschnitte vorstellen, sind nichts anderes als alte Eisrillen, die sich infolge von Aufstauungen nicht voll ausbilden konnten.

**) Während das Kaspische Meer nach vorstehendem zwei in nord-südlicher Richtung aufeinander folgende Schlaglöcher darstellt, besteht das Schwarze Meer aus zwei solchen Auskolkungen, die in ost-westlicher Richtung nebeneinander liegen und teilweise ineinander übergreifen.

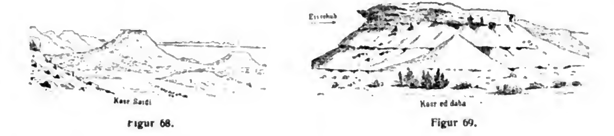
hier übergetretenen Eismassen floss eine kleine Zunge nach *Persien*, die wohl im Kampf mit der kaspischen Araratzunge (s. S. 65) den Wan- und Urmiasee erzeugte. Eine grössere Zunge ging euphrat- und tigris-abwärts und bohrte den Persischen Golf aus. Infolge der Stauung, die sie durch die Gebirgskette an der Strasse von Ormus und insbesondere durch die Eismassen des Himalaja und Südpols erlitt, wurde der überwiegende Teil auf das sanft gegen Südwest ansteigende arabische Hochland hinauf-, sowie über das Omangebiet hinweggeschoben, was die Formen der Buchten, Halbinseln und Inseln an der Südwestküste des Persischen Golfs, sowie die mächtigen Moränenablagerungen (Sandwüsten) des südlichen Arabiens erkennen lassen. (Bezüglich der Fortsetzung dieser Eiszunge vergl. III. 1. c).



Figur 67.

Ein Zweigarm des Euphratgletschers wandte sich ins *Jordantal* (Fig. 67). Diese Zunge furchte die Rinne zwischen Libanon und Antilibanon aus, sandte über eine niedere Stelle des letzteren, das heutige Amanatal, einen Zweig gegen Damaskus, der die dortigen Seen und Sümpfe als Schlaglöcher schuf, grub sodann die Wannen des Merom- und Genezarethsees aus und empfing wahrscheinlich von der syrischen Küste, aus der Gegend von Akko her, Zuzug. (Weiteres siehe S. 69). Das dort von Nordwest nach Südost streichende Karmelgebirge scheint der letzte Rest des Riegels zu sein, der sich bis Cypern erstreckte. Auf einen Eiseinbruch an dieser Stelle weisen ferner die nach Norden offene Bucht von Akko, die Wanne von Megiddo, sowie die völlige Unterbrechung des Zusammenhangs zwischen den Höhenzügen von Galiläa und Samaria in der Gegend von Jesreel hin. Der Gletscher lief sodann dem heutigen Jordan entlang durch das Tote Meer und von dort an durch das sich mehr und mehr erweiternde Arabatal in den Golf von Akaba und nach dem Roten Meer. (Weiteres s. S. 129). Das Jordantal in weiterem Umfang zeigt mehrfach ineinander geschachtelte Trogquerschnitte und demzufolge mehrere terrassenförmig übereinanderliegende Talböden. Die Breite des Jordangletschers zur Günzeiszeit mag wohl 100 km erreicht haben. Eisübertritt hat jedenfalls an vielen Stellen teils von oder nach Westen, teils von oder nach Osten durch Vermittlung der Trockentäler mit Trogquerschnitt (Wadi) stattgefunden. Die östlich an das Jordantal anschliessende Syrische Wüste entspricht der Mittelmoräne zwischen dem Jordan- und Euphratarm, die Sinai-Wüste derjenigen zwischen den Zungen des Jordans und Roten Meers.

In der mit Abbildungen versehenen Beschreibung *Inner-Arabiens* von Euting*) sind nun verschiedene Inselberge, Felsengrate und andere eigenartige Bildungen aufgeführt, deren Entstehung bisher auf die Wirkungen von Wasser und Wind zurückgeführt wurde. Hiegegen ist zu sagen: Die



Figur 68. Figur 69.

in den Figuren 68—70 dargestellten Bergformen, sowie der Felsgrat in Fig. 71 tragen so deutliche Merkmale der Abschnürung und Abhobelung durch Eis, dass kein Wort darüber zu verlieren ist. Aber auch die Erklä-

---

*) Euting, Julius, Prof. Dr., Tagbuch einer Reise in Inner-Arabien, Leiden 1896. S. 142 ff. „Der nördliche Nefud (Wüste) Arabiens besteht aus einem unermesslichen Gewirr von 100 und mehr Meter hohen Bergen, Hügeln, Rücken aus lauter feinem erdfreiem Quarzsand, d. h. aus dem Verwitterungsprodukt der Sandsteinfelsen. Wenn man aus dem Hamad (der Steinwüste) kommend, dem Nefud sich nähert, so stellt sich derselbe an Lichtwirkung vollständig wie ein Schneefeld dar: hellweiss mit schwachem Schimmer von lichtgelb oder zartrosa. Steigt man auf irgend einen Felk, d. h. Sandrücken, so macht die unabsehbare Sandwelt den Eindruck, als ob sie durch eine Herde von Riesenpferden in der Richtung von Ost nach West durchstampft worden wäre. Die Hufspuren waren die für diese Wüste charakteristischen „Kar“, d. h. grosse Löcher, 30—50 auch noch mehr Meter tief, mit steilen, im Halbkreis unter einem Winkel von 50—60 Grad abfallenden Wänden, auf der Westseite unten im Grunde oft das nackte Gestein zeigend, in der Längenachse gegen Osten sachte ansteigend. Je weiter man im Nefud gegen Süden fortschreitet, umso grösser werden die Kar; ich schätze die Längendurchmesser der grössten auf nahezu zwei Kilometer. Mit der Zunahme der Grösse nimmt jedoch die Klarheit und Durchsichtigkeit der Bildung ab; die gleichmässige Rundung und der Steilabsturz im Westen bleibt noch ziemlich deutlich, aber der Sandauswurf gegen Osten zeigt immer weniger Ebenmass und ist selbst wieder gegliedert oder gar zerrissen, ja manche Kar greifen in einander über und schneiden sich zuletzt wie die Wellen der Wasserringe bis zur Unkenntlichkeit der zu Grunde liegenden Form. Die Ränder dieser Löcher scheinen keiner merklichen Veränderung unterworfen; wenigstens haben meine beduinischen Begleiter versichert, sie bleiben sich stets gleich; auch die starken Holzgewächse, die darin wurzeln, sprechen für die Ständigkeit der Form.“

S. 147. „Von einem Weg kann im Nefud keine Rede sein und es erfordert darum eine erstaunliche Ortskenntnis bei dem ewigen Auf- und Absteigen über die Sandberge und bei den Umgehungen der Kar die Richtung einzuhalten. Einigen Anhaltspunkt gewähren die Excremente der Kamele, denn auf der seit Jahrtausenden begangenen kürzesten Verbindungslinie zwischen 2 Brunnen verleihen dieselben, auch wenn sie noch so fein zertreten und zermalmt sind, dem Sand eine, wenigstens für den Beduinen unverkennbare Beimischung. Am letzten Tag liess sich eher eine Art regelmässigen Pfades erkennen, auch waren die älteren Fussspuren von Menschen und Tieren auffallend gut erhalten.“

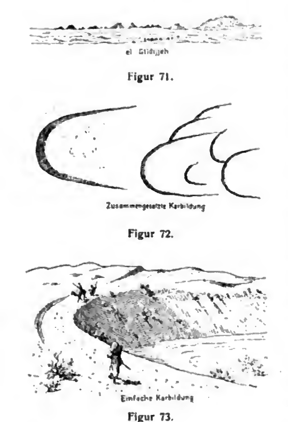
Diese letzteren Bemerkungen sind ein Beweis dafür, dass die Wirkungen des Winds dort nicht sehr gross sein können. Wenn also schon die überflächliche Umlegung der Sande durch Wind so verschwindend ist, ist wohl an eine vollständige Neubildung derselben durch Zusammenblasen im Ernste hier nicht zu denken.

Mit gütiger Erlaubnis des Herrn Verfassers sind die Figuren 68—73 seinem Tagbuch entnommen und oben beigefügt worden, wofür ihm auch an dieser Stelle der verbindlichste Dank ausgesprochen sein soll.

rung, dass die in Fig. 72 und 73 abgebildeten „Pferdehufe" vom Wind zusammengeblasene Gebilde — ähnlich den bei Schneeverwehungen beobachteten — seien, ist nach der Beschreibung nicht haltbar. Diese liefert vielmehr einen unumstösslichen Beweis von den überaus geringen Veränderungen, welche die Sande dieser Wüste durch Wasser und Wind erlitten und erleiden. Dagegen soll die Frage angeregt werden: Können diese Gebilde nicht den Hohlformen von auf das Land geschobenen Eisbergen entsprechen? In den derzeitigen Ozeanen werden schwimmende Eisberge von mehreren Kilometer Länge und 6—800 m Dicke (100—150 m aus dem Meer hervorstehend, 500—650 m untergetaucht) beobachtet. Wird nun angenommen, dass solche Eisberge in die damaligen Moränen eingebettet wurden, dass das Eis schmolz und die Hohlform zurückliess, die durch den Wind nach ihrer Austrocknung noch kleinere Veränderungen erlitten haben mag, so findet diese Erklärung nach allen Seiten Bestätigung. Die allgemeine Lage am Ende einer Mittelmoräne, die Richtung der Längsachse nach Osten, sowie der Umstand, dass der tiefste Punkt im Westen gelegen ist, somit hinten an dem geschobenen Eisberg liegt und dass der Sand dort bis auf den gewachsenen Boden ausgekrazt erscheint und nach Osten langsam ansteigt (Fig. 74), entsprechen der gegebenen Erklärung. Desgleichen stehen damit die weiteren Tatsachen im Einklang, dass die „Pferdehufe" nach Süden an Zahl und Grösse zunehmen und dass die Sohle der Kare, der Form der Unterfläche der Eisberge entsprechend, unregelmässig gestaltet ist. Fig. 75 zeigt eine Schlucht der nordarabischen Wüste Nefud, die wohl zur Mindeleiszeit ausgefurcht wurde, während die Insel-



Figur 70.



Figur 71.

Figur 72.

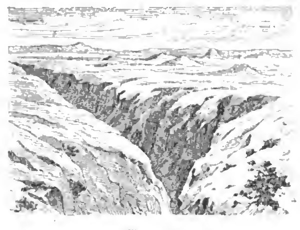
Figur 73.



Figur 74.

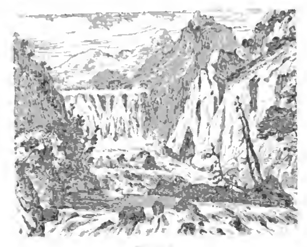
berge des Hinterlands wahrscheinlich schon zur Günzeiszeit abgetrennt worden sein mögen.

Zwei weitere Arme des Eises aus dem Schwarzen Meer flossen über *Kleinasien* hinweg (s. Fig. 66 und 67), der eine ging östlich von Sinope im Schwarzen Meer ab, floss vermutlich im Tal des Kisil Irmak mit besonderer Mächtigkeit aufwärts, löste an seinem Ausfluss ins Mittelmeer bei Adana die Insel Cypern, deren nord-östliche Spitze als Eisbrecher die Richtung des zugeflossenen Eises angibt, vom Festland und wurde durch diese Insel in zwei Teile geteilt: einen östlichen, der die syrische Küste abhobelte und teilweise zur Jordanzunge übertrat (vergl. S. 66), und einen westlichen, der nördlich von Cypern abfloss. Der andere Arm brach zwischen Kidros und Skutari aus, erzeugte die Seen von Konia, trennte den lycischen Taurus vom cilicischen*) und höhlte bei seinem Eintritt ins heutige Mittelmeer den Golf von Adalia aus. Zwischen diesen beiden Armen blieb als Mittelmoräne die kleinasiatische Salzsteppe mit dem Tüs-Tschöllüsee und mehreren kleineren Salzsümpfen liegen.**)



Figur 75.

Ein weiterer, verhältnismässig kleiner Abfluss ging etwa zwischen Adrianopel und Angora über das Marmarameer und über die, die Richtung des Eisschubs deutlich bezeichnende Halbinsel Gallipoli hinweg zum *ägäischen Meer,* auf seinem Weg das Tal der Maritza in scharfer Knickung nach Süden umbiegend (s. Fig. 66 u. 67). Im Verein mit den Eismassen der ägäischen Zunge des alpinen Gletscherstroms (näheres siehe III, 1, c).



Figur 76.

*) Die Figur 76 zeigt ein Flusstal im cilicischen Taurus, dessen Wasserfall auf mächtige Stauwirkungen hinweist und dessen Talhänge aufs deutlichste vom Eis ausgemodelt erscheinen.

**) Süss, S. 395. „So dürfen wir denn nicht bezweifeln, dass der östliche Teil Kleinasiens in später Zeit grossen Veränderungen der Bodengestaltung unterworfen war und dass das Mittelmeer einen grossen Teil dieser Gebiete einstens bedeckt hat.“

wurde die ganze Landbrücke*) zwischen Griechenland und Kleinasien in einzelne Inselgruppen aufgelöst. Der Fortbestand dieser Inseln ist einzig und allein durch den Stau bedingt, den die vereinigten Eismassen des südpolaren Stroms, der Rhone-, ligurischen und adriatischen Zunge verursachten; wäre dieser Stau nicht wirksam gewesen, so wären die ägäischen Inseln samt und sonders von Grund aus abgetragen worden. Der ägäische und die zwei kleinasiatischen Arme trafen sodann im östlichen Mittelmeer mit dem oben genannten vereinigten alpinen und südpolaren Strom zusammen und flossen mit diesem gemeinsam teils durch das Rote Meer, teils durch das Niltal (s. III. 1. c), ab.

Der westlichste Ausbruch aus dem Schwarzen Meer erfolgte nach *Rumänien*. Dieser Teil vermochte jedoch, obwohl durch karpathisches Eis verstärkt, die ihn einschliessenden Gebirge nicht zu durchbrechen (was wohl vor allem dem Gegendruck des ungarischen Eisbeckens zu danken ist, vergl. III. 1. a. Ungar. Teil), sondern nur einzelne Eisübertritte (über die transsilvanischen Alpen bei Orsova, über den Balkan an mehreren Stellen zum Tal der Maritza) zu erzwingen, sowie die gründliche Auskolkung der walachischen Tiefebene zu bewerkstelligen.

Der westrussische Gletscherteil drang an der westlichen Seite des nördlichen Eismeers einesteils durch das Weisse Meer über die grossen russischen Seen zum Finnischen Meerbusen, andernteils durch den Varanger Fjord entlang der russisch-norwegischen Grenze zum Bottnischen Meerbusen vor; in beiden Fällen ist jedoch (wie auch sonst immer) eine wesentlich höhere Lage der damaligen Landesteile vorausgesetzt. Beim Zusammenfluss der beiden Eiszungen entstand ein Aufstau, welchem einesteils die Schaffung der finnischen Seenplatte zuzuschreiben, andernteils die Erhaltung der Gruppe der Alandsinseln zu danken ist. Der an der stark konkaven Mündungsstelle des Dalelf-Flusses in die Ostsee beobachtete Elfkarlebyfall, der dem Rheinfall an Bedeutung gleichkommt, gibt einen Massstab zur Bestimmung der Höhe des Eises während der Mindeleiszeit (vgl. S. 50).

Infolge des Zusammentreffens der beiden Zungen wurde die *finnische* von der beinahe senkrecht auf sie zukommenden bottnischen an den Südrand der heutigen Ostsee gedrückt und entsandte nur in gleicher Weise,

---

*) Süss, S. 443. „Zu wiederholten Malen wurde die Ansicht ausgesprochen, dass noch in jüngster Zeit eine Landverbindung quer über das heutige Mittelmeer bestanden habe und dass grosse Teile des Mittelmeers überhaupt nicht bestanden hatten.“ (Insbesondere soll das Schwarze und das Aegäische Meer, das quer auf die griechischen Falten eingebrochen sei, S. 648, ganz jungen Datums sein). (S. 436). „Es ist aber heute noch sehr schwer, den Zusammenhang der Dinge näher zu erfassen. So viel nur ergibt sich mit Sicherheit, dass die Zertrümmerung des Festlands stückweise und zu sehr verschiedenen Zeiten vorgeschritten ist, und dass sehr grosse Einbrüche dieser Art sich nach der glazialen Zeit ereignet haben.“

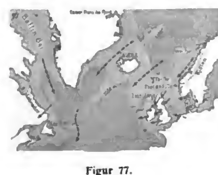
wie sie schon in der Onegabai begonnen hatte, Ströme nach Südrussland zu schicken, weitere mächtige Arme dorthin durch den heutigen Ilmen- und Peipussee, sowie durch den Rigaer-Meerbusen und die Königsberger Bucht. Diese vereinigten sich mit dem ostrussischen Teil (s. S. 63).

Die *bottnische*, durch skandinavisches Inlandeis verstärkte Zunge wandte sich nach ihrem Zusammenstoss mit der finnischen mehr gegen Südwesten, um einesteils Gotland und Oeland vom Festland zu trennen und mit besonderer Mächtigkeit durch die Stettiner- und Neustädter-Bucht hoch über dem jetzigen Odertal in das heutige Norddeutschland einzudringen, andernteils ihren Eisüberfluss über den Mälar-, Wetter- und Wener-See durch das Skager-Rak nach der Nordsee zu entsenden, wo sodann die Vereinigung mit dem westlichen nordpolaren Zweig erfolgte (s. S. 72). Ueber das Zusammentreffen dieser Eiszungen mit den nordalpinen Gletschern und über den mächtigen Ringkampf dieser beiden Eismassen ist in dem Abschnitt III. 2. b weiteres angegeben.

Aus der Tatsache, dass nur die Moränenreste des ostrussischen Gletscherteils salzhaltig sind, ergibt sich der bemerkenswerte Schluss, dass die *Ostsee* zur Günz- und Mindeleiszeit noch nicht als Meer bestand. Wahrscheinlich wurde ihre Wanne im allgemeinen damals schon vorbereitet, aber ihre heutige Form erhielt sie der Hauptsache nach wohl erst als Schlagrinne, die zur Riss- und Würmeiszeit von dem abfallenden skandinavischen Landeis in den weicheren jüngeren Schichten ausgehöhlt wurde. Wie gering anderseits die Wirkungen des Eises während der beiden jüngeren Eiszeiten auf den granitenen Untergrund der skandinavischen Halbinsel waren, erhellt aus dem Umstand, dass diese Eisströme nicht imstande waren, die ausgesprochenen, südwestlich verlaufenden Terrassen Skandinaviens zu verwischen und die Abstürze der heutigen Flüsse in das übertiefte „Ostseetal" auszugleichen.

b) Westlicher Zweig.

Diese Zunge bewegte sich zur Günz- und Mindeleiszeit zwischen der Westküste Skandinaviens und der Ostküste Grönlands in südwestlicher Richtung. Sie wurde beiderseits durch kleine örtliche Gletscherungen verstärkt, deren zwei bedeutendste dem Vestfjord Norwegens (südlich von den Lofoten) und dem Kaiser-Franz-Josef-Fjord Grönlands entströmten.



Figur 77.

Nach Durchbrechung des ersten Riegels (vgl. S. 61 und Fig. 77) schlug das Eis den südlichen Teil des nördlichen Eismeers als

Wanne aus, wurde aber sofort durch einen weiteren Felsriegel gestaut, der durch *Island*, die *Für Oer* und die *Shetlandsinseln* angedeutet ist und früher eine Festlandsbrücke mit Amerika gebildet haben mag. Auch dieses Hindernis wurde durch den Gletscherstrom zerstört, die genannten Inseln vom Festland abgetrennt*) und all die darüber liegenden Gesteinschichten abgeschoben. Der Schutt liegt unmittelbar an die Inseln angelagert im Atlantischen Ozean, seine Lage ist aus den Tiefenkurven ersichtlich und entspricht vollkommen der Richtung des Eisschubs. Die Spuren des Aufstaus sind an den zerklüfteten Küsten von Norwegen und Grönland noch deutlich erkennbar.

Auch die grosse Breite des nördlichen Teils der heutigen *Nordsee*, die aus den bei der Ostsee aufgeführten Gründen zur Günz- und Mindeleiszeit ebenfalls noch kein Meer, sondern wahrscheinlich nur eine gegen Norden geneigte Tiefebene — eine Fortsetzung des norddeutschen Tieflands — war, hängt wohl sicher mit dem eben beschriebenen Felsriegel zwischen Grönland und Schottland zusammen. Der Eisstrom suchte sich die heutige Nordsee als Umgehungstal auszubilden, wurde nun aber sofort aufs neue gestaut durch die dem Skager Rak entströmende bottnische Zunge. Die Folge dieses Ringens war die Zerklüftung der norwegisch-schwedischen Südküste, sowie der dänischen Westküste und die Schaffung der schwedischen und dänischen Seenplatten. Auch nordalpines Eis drang zeitweise bis in diese Gegend vor und vermehrte dadurch naturgemäss den Aufstau und dessen Wirkungen (vergl. III. 2. b).

Ein Teil dieses Nordseearms brach nun, wie unten gezeigt werden wird, über Norddeutschland her ein und überströmte zeitweise wohl auch Teile der *deutschen Mittelgebirge*. Hier ist aber ein klarer Ueberblick sehr schwierig, einesteils wegen des zum Verständnis hier notwendigen Auseinanderhaltens der 2 Eiszeiten — der Günz- und Mindeleiszeit — andernteils und hauptsächlich wegen des Aufeinandertreffens des nordpolaren und des nordalpinen Gletschers, das hoch über dem heutigen Deutschland erfolgte und bei dem die Gletscherenden zeitweise über verschiedenen Landesteilen zusammenfliessen. Dieser Vorgang soll daher nicht hier, sondern, des besseren Verständnisses wegen, im letzten Abschnitt näher beschrieben werden (vergl. III. 2. b).

Weiterhin floss die Nordseezunge über *Holland, Belgien* und *Nord-Frankreich* dahin, wo die Täler der Maas-Aisne und Sambre-Oise die Rich-

*) Süss, S. 372. „Die grosse Ausbreitung dieser Vorkommnisse (amerikanische Tertiärablagerungen), von Irland und den Hebriden zu den Fär-Oern und quer über den Atlantischen Ozean nach Island und an die grönländische Ostküste und darüber hinaus ist denn auch bereits zu wiederholten Malen als das Zeugnis für den Bestand eines grossen und mit einer reichen Pflanzendecke bekleideten Festlands (zur Tertiärzeit) an der Stelle des heutigen nordatlantischen Meeres aufgefasst worden.“

tung angeben. Die Ardennen (Hohes Venn) und das Gebirge von Wales mögen die Eckpfeiler zur Günzeiszeit, die Gebirge der Bretagne und von Cornwall die zur Mindeleiszeit bezeichnen.*) Hinter dem übrigens stark abgetragenen Riegel der Normandie wurde die Wanne, in der die Kanalinseln liegen, hinter dem zwischen Bretagne und Cornwall der nördliche Teil des biscay'schen Meerbusens ausgehöhlt (weiteres s. II. 1. b).

Mit der Zeit trennte diese Zunge England vollständig vom Festland durch Ausfurchung des *Aermelkanals*, durch den wohl auch noch während der späteren Vergletscherungen Eismassen in den atlantischen Ozean abgeschoben wurden.

Die Eismassen drangen ferner von der südlichen Nordsee aus in Grossbritanien ein, schoben die auf *England* und *Schottland* abgelagerten Gesteinschichten ab**) und hinterliessen eine grosse Zahl, die ganze Insel durchquerender Eisfurchen. Die nach Süden zunehmende Richtungsverschiebung der anfangs südwestlich streichenden Eisrillen gegen Westen rührt von dem Stau der französischen Küste sowie dem Gegendruck der Eismassen des Südpolargletschers her, der wie unten — II. 1. b — gezeigt werden wird, bis in diese Breiten vordrang.

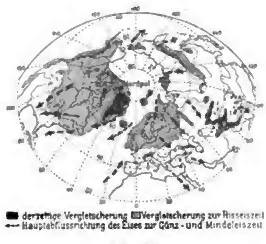
Im weiteren Verlauf bohrte diese Gletscherzunge die irische See aus und durchfurchte *Irland*, nachdem auch hier die früheren Ueberlagerungen weggefegt worden waren, in den oben angegebenen Richtungen, die durch Seen, Meeresbuchten, Inseln, Halbinseln, Flüsse und Kanäle in unzweideutiger Weise bezeichnet sind. Durch kleinere örtliche Felsenriegel sind zahllose Querausbrüche und Eisübertrittstellen von einer Eisrille zur benachbarten entstanden. Die abgeschobene Schuttmasse, die bis auf den Grund der Tiefsee reicht, ist an die Westküste Irlands in Böschungsform angelagert. Bei längerer Dauer der Vergletscherung wäre zweifelsohne zunächst Schottland und alsdann Irland und England in eine Gruppe von Inseln verwandelt und hernach ganz zerstört worden. Dass dies nicht geschah, ist wohl in der Hauptsache dem Stau des Südpolareises zu danken.

Der Hauptteil dieses Nordpolargletschers ging jedoch, nachdem er den stauenden Riegel von Island allmählich durchbrochen hatte, seiner ursprünglichen Richtung entsprechend weiter, schlug den nördlichen Teil des heutigen *Atlantischen Ozeans* als Wanne aus und drang schliesslich zum Teil

*) Süss, S. 374. „Norwegen, Schottland, dann Cornwall, Irland, die Bretagne und selbst die Ardennen gleichen . . . . durchwegs den . . . . Gebirgskernen des alpinen Vorlands.“ (Es handelt sich also offenbar um die Zerstörung eines früher zusammenhängenden Gebirgs.)

**) Süss, S. 374. „Es ist unmöglich, der Folgerung auszuweichen, dass der ganze Norden und Nordwesten des britischen Archipels, welcher heute durch Denudation in ein rauhes Gebirgsland umgestaltet ist, dereinst, so wie die südlichen und südöstlichen Teile, wenn nicht ganz, so doch zum grossen Teil von sedimentären Ablagerungen bedeckt war, welche vom Karbon ab bis einschliesslich zur Kreide reichten. Wir haben daher auch Schottland als einen entblössten Horst anzusehen.“

bei Neufundland in Nordamerika ein (siehe Seite 75); während der Hauptteil mehr nach Süden strömte, dabei die Ostküste Nordamerikas schuf und im Kampf mit dem Eis des Mexikanischen Golfs, sowie des Südpolarstroms die Inselgruppe der Antillen erzeugte, womit aber auch seine Tätigkeit zu Ende und seinem weiteren Vordringen ein Ziel gesetzt war (s. II. 1. b).



Figur 78.

Die Vergletscherung zur Riss- und Würmeiszeit (vergl. Fig. 78) ging nicht mehr von den Nordpolarländern, sondern in der Hauptsache von Skandinavien aus. Die Aushöhlung der Nord- und Ostsee auf ihre dermalige Ausdehnung und Tiefe, die Ausfurchung der Seen und Fjorde Skandinaviens und Grossbritanniens zu ihrer heutigen Form, sowie die Ablagerungen der den skandinavischen Gebirgen entstammenden Moränenkiese und Sande über Norddeutschland ist ihr Werk. Der ganze Vorgang darf als bekannt vorausgesetzt werden.

2. Amerikanischer Teil.

Der zur Günz- und Mindeleiszeit über Amerika hereingebrochene nordpolare Eisstrom wurde im Osten durch Grönland, im Westen durch das Felsengebirge begrenzt. Zwischen diesen beiden Gebirgen sind wieder zwei Haupteinbruchstellen zu unterscheiden, eine östliche und eine westliche.



Figur 79.

Der östliche Arm brach über die grosse Inselgruppe in *Nordamerika* ein (vgl. Fig. 65 und 79), entsandte einen Teil gegen Grönland, welcher im Verein mit grönländischem Eis die Baffinbai ausfurchte und die anliegenden Küsten zerklüftete, am Austritt in den Ozean aber durch den europäischen Strom gehindert wurde, wogegen die Haupteismasse über die Hudsonbai unmittelbar nach Süden floss. Der westliche Arm strömte im Tal des heutigen Mackenzieflusses aufwärts und drang über die grossen dortigen Seen (Bären-, Sklaven- und Winipegsee) in südöstlicher Richtung vor. Diese

beiden von Norden und Nordosten kommenden Arme trafen an der nördlichen Grenze der Vereinigten Staaten mit einem weiteren nordöstlichen Eisstrom zusammen. Letzterer bildete einen Teil des Seite 71 geschilderten westeuropäischen Gletschers, traf, durch grönländisches Eis verstärkt, senkrecht auf die Küsten von Labrador und Neufundland, entblösste diese Länder der überlagernden Schichten und ging teils über Neuschottland und Neubraunschweig hinweg, teils den Lorenzstrom aufwärts nach dem Ontario- und Eriesee. (Die Wasserfälle des Lorenzstroms bei Montreal, der Montmorencyfall bei Quebek in Kanada, der Mohawkfall im Staate New-York, sowie insbesondere die Niagarafälle stellen die jeweiligen Endpunkte der Unterabteilungen der Mindelvergletscherungen dar). Der Zusammenstoss mit dem amerikanischen Eis erfolgte über der grossen kanadischen Seenplatte,*) deren Vorhandensein hinreichend Zeugnis von den dabei ausgelösten ungeheuren Kräften gibt. Wie zumeist am Zusammenfluss von Gletschern entstanden auch hier infolge des gewaltigen Aufstaus beim schwächeren amerikanischen Strom (in Kanada) Seenplatten, Inselgruppen, sowie an der Vereinigungsstelle (in den Vereinigten Staaten) Umgehungsrinnen, welche einerseits die in Süddakota gelegenen Black Hills vom Felsengebirge abtrennten und zum Inselgebirge machten, andererseits die nördlichen Ausläufer der Alleghanyberge in tiefen Querspalten durchbrachen, so dass das Land im Osten des Delawareflusses in ähnlicher Weise wie Neufundland zur Insel geworden wäre, wenn sich die Ausfurchung noch um etwa 50 m tiefer ausgebildet hätte. Das Tal des Hudson, die Chesapeakbai usw. sind diesen Eiswirkungen zuzuschreiben. Die Hauptmasse jedoch drang gegen Süden vor. Hiebei scheint, der Mittelrichtung dieser mächtigen Gletscherarme entsprechend, das Felsengebirge**) in seinem Verlauf beeinträchtigt worden zu sein, indem es aus seiner südöstlichen Richtung von den Black Hills ab in südliche übergeht. Zwischen die

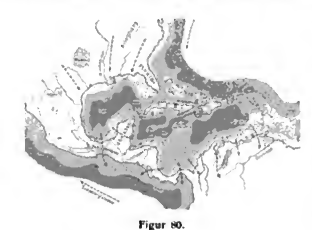
---

*) Süss, S. 717. „Ein ausserordentlich weites, unwirtliches Gebiet ohne beträchtliche Höhen, ohne lange fortlaufende Rücken, dehnt sich, ohne ein geregeltes Flussnetz, bedeckt mit zahlreichen Seen von unregelmässigen Umrissen und alle Anzeichen einer weitgehenden Abrasion an sich tragend, vom Lake Superior gegen NW, N und NO aus, umfasst die Hudsons Bay und findet seine Fortsetzung in dem arktischen Archipel".

Süss, S. 774. „In gänzlich niedergehobeltem, altem Grundgebirge sind an vielen Orten, wie an einem Teile der grossen amerikanischen Seen bis zum See Winnipeg und in dem südlichen Teile der russischen Ebene (vergl. Anmerkung S. 63 N. 2), die Spuren grosser gefalteter Gebirge enkennbar, deren äussere Gestalt völlig verloren gegangen ist. (Dass der Missourigletscher weniger mächtig als der Mississippigletscher war, erhellt schon aus dem Umstand, dass das Mississippi-Tal übertieft ist und der Missouri kurz vor seiner Mündung in mehreren Fällen mit zusammen rund 100m Höhe in den Mississippi herabstürzt.)

**) Süss, S. 727. Der Ostrand dieses hohen Gebirgs tritt sehr unvermittelt aus dem Flachland hervor.

Alleghany*) und Rocky Mountains (Felsengebirge) in ähnlicher Weise eingeklemmt, wie die russische Zunge zwischen das Ural- und Kjölen-Gebirge, wurden die mächtigen Eismassen durch das ursprünglich bedeutend höher gelegene Ohio-, Mississippi- und Missouri-Tal vorwärts geschoben. Auf ihrem Weg tieften sie sich mehr und mehr ein, zerstörten sämtliche quer zu ihrer Abflussrichtung verlaufenden Gebirge von Grund aus, trugen insbesondere auch den Hauptriegel, das Ozarkgebirge,**) bis zur Unkenntlichkeit ab, wendeten den Lauf des Missouri und liessen die Ablagerungen der heutigen Prärien und Savannen***) zurück. Mit der Zerstörung des Südends der Alleghanyberge nehmen die Eisströme und damit auch das Felsengebirge wieder südöstliche Richtung an; entsprechend der bei diesem Uebergang von der Süd- zur Südostrichtung entstandenen Einbiegung der Gebirgskette, wurden bei abnehmendem Eisstand in der Ebene entlang der Grenze zwischen Neumexiko und Texas, sowie in Mexiko grössere Teile unfruchtbarer Moräne in den dortigen Wüsten niedergelegt.



Figur 80.

Dem oben angeführten Hauptriegel der Ozark Mountains entspricht sodann in *Mittelamerika* die grosse Wanne des Mexikanischen Golfs (vergl. Fig. 80). Hier leistete aber die ebenfalls quer zur Eisstromrichtung gelagerte, damals wesentlich höhere und geschlossene Gebirgskette

*) Das Alleghanygebirge zerfällt in 6—12 südwestlich streichende Parallelketten zwischen denen riesenhafte Längentäler liegen. Die einzelnen Reihen (Ridges) sind durch Querspalten (Eisausbruchstellen) unterbrochen, durch welche die im Innern des Gebirgs entspringenden Flüsse in Stromschnellen oder Wasserfällen in die westliche oder östliche Ebene (d. h. die übertiefte Sohle der ungeheuer breiten, eiserfüllten Haupttäler) abfliessen. Der Steilabfall des Gebirgs (das beiderseits von fliessenden und wahrscheinlich teilweise ganz darüber hinweggehenden Eisströmen umgeben war) ist teils nach Westen, teils nach Osten gerichtet. Die Talböden, d. h. der Fuss des Gebirgs ist heute im Norden etwa 200 m, im Süden 500 m hoch. Das zwischen den Ketten gelegene appalachische Tafelland hat 300 bis 600 m Seehöhe; seine Kalksteinebene ist gegen den Ohio durch tiefe Schluchten (Eisrillen) zerrissen.



Figur 81.

**) Fig. 81 stellt die in Arkansas im Gebiet des White River gelegenen eigenartigen Felsgebilde, „Stadt der Götter“ genannt, vor, die den mächtigen Kampf der hier von Nordost und Nordwest zusammentreffenden Gletschermassen bezeugen.

***) Eine grosse Verbreitung besitzen besonders im Mississippi-Gebiet lössartige Gebilde. Sie werden von einem Teile der amerikanischen Geologen als fluviatile, von einem andern als äolische Absätze angesehen.

Yucatan-Cuba*) sofort wieder mächtigen Widerstand, so dass Teile des Eises zum Uebertritt über die Landenge von Tehuantepec, andere über Florida hinweg zum Ausbruch in den Atlantischen Ozean gezwungen wurden. Ein weiterer Arm überflutete die heutige Halbinsel Yucatan und modellierte hier ein Inselgebirge aus, während die Hauptmasse die hemmende Gebirgskette in ähnlicher Weise zerstörte, wie der russische Gletscher die Kaukasus-Balkankette. Für die meisten dieser Eisübertrittstellen ist die (S. 15, Talvertiefung) geschilderte bezeichnende Ausbiegung des Gebirgskamms in der Richtung des Eisschubs bei gleichzeitiger Erniedrigung der Wasserscheide vorhanden. Hinter der durch die Strasse von Yucatan dargestellten Hauptübertrittstelle wird sodann ein mächtiges Schlagloch von mehr als 6000 m Tiefe, der nördliche Teil des karaibischen Meeres, beobachtet. Aehnliches wiederholt sich bei und hinter dem nächsten Querriegel: Honduras-Jamaica, durch Aushöhlung des heutigen südlichen karaibischen Meers und damit vollständige Abtrennung der grossen und kleinen Antillen vom Festland**) Die Richtung der Nordküste von Kuba***) entspricht der Eisbewegung; an ersterer glitt das Eis weiter, vermochte aber die Nordküste Haitis nicht mehr abzuhobeln, sondern nur eine Längsrille — das Längental zwischen den Buchten von Manzanilla und Samana — an ihr auszufurchen. Ebenso gelang es dem zwischen Kuba und Jamaica durchgeflossenen Eis nicht mehr, die westliche Halbinsel Jakmel von Haiti loszutrennen, sondern ebenfalls nur ein mit Seen bedecktes Längental zwischen den Buchten von Port au Prince und Neiba auszuheben.

---

*) Süss, S. 698—700. „In Mittel-Amerika folgt das Streichen des Grundgebirgs nicht dem Verlauf der langgestreckten Verbindung des nördlichen und südlichen Kontinents, sondern verläuft, soweit es genauer bekannt ist, quer auf dasselbe" . . . „Mit dem Abfall des mexikanischen Tafellands im Staate Oaxaca, sagt Seebach, endet der geschlossene nördliche Kontinent. Südlich und östlich von der Landenge von Tehuantepec beginnt Zentral-Amerika, das schon in die Inselwelt der Antillen gehört . . . Der Gebirgszug der grossen Antillen, welcher weiter östlich in Puerto Rico und S. Domingo, dem östlichen Teil von Haiti, nur eine Hauptkette bildet, teilt sich in der Mitte dieser letzten Insel. Ein südlicher Zweig zieht sich durch den langgestreckten Inselarm von Jacmel nach Jamaica und nach Honduras, während ein nördlicher Arm über Kuba hinausreicht nach Yucatan. Sollte es blos ein merkwürdiger Zufall sein, dass die aus kristallinischen Schiefern und Massengesteinen bestehende Sierra Maestra im Südosten Kubas (in der die grossen Antillen mit 2338 m Seehöhe ihre höchste Erhebung erreichen) durch die Caimangruppe, die Misteriosabank, die Viciosas und Schwaneninsel hinüberführt in die Tiefe des Golfs von Honduras, von dessen Rande hier jähe aufsteigende Gebirgskämme von gleicher Zusammensetzung mit *konstantem Streichen* sich in das Innere fortziehen!"

**) Nach Süss, S. 369, sind noch Spuren vorhanden, die beweisen, dass die Abtrennung der Antillen von Florida sehr geringes Alter hat.

Nach Süss, S. 707, ist die ganze mittlere- oder Hauptzone der westindischen Inseln vom westlichen Ende Kubas an durch Jamaica, Haiti, Puerto Rico bis Barbados aus denselben Felsarten zusammengesetzt und bildet die sichtbaren Reste eines einst zusammenhängenden Gebirgszugs. Es sind dieselben Gesteine, die Trinidad, die nördliche Kette von Venezuela und die ganze Reihe der westlichen Küsten-Cordilleren bis zum Kap Horn bilden.

***) Süss, S. 703. „Die Nordküste (Kubas) ist von einem Saum von flachgelagertem tertiärem Kalkstein begleitet, welcher streckenweise eine geradezu karstähnliche Oberfläche annimmt oder sich mit roter Erde bekleidet."

Ueber dem karaibischen Meer an der Nordküste von *Südamerika* angelangt, wurden die Eismassen, die, wie unten gezeigt werden wird, teilweise durch den Südpolarstrom am Austritt nach dem Atlantischen Ozean gehindert waren, gezwungen, über die Landenge von Panama und durch den Golf von Darien nach dem Grossen Ozean auszubiegen, sowie über die niederen Teile der columbischen und venezuelischen Küste*) nach dem Tal des Orinoco und Rio Negro in ähnlicher Weise auszubrechen, wie die russische Gletscherzunge vom Schwarzen Meer auf die kleinasiatische Hochebene geschoben wurde. Der Tequendamawasserfall in Columbien, der in 2 Streifen rund 150 m hoch herabstürzt, ist als Zeuge des den Magdalenenstrom aufwärts geschobenen Eises erhalten geblieben. Ebenso finden sich an dem süd-nördlich gerichteten Oberlauf des Orinoco eine grössere Anzahl von Wasserfällen (Raudal), die deutlich angeben, woher der Eisschub kam und wie hoch der Eisstand in den einzelnen Zeitabschnitten war. (Weiteres s II. 1. a, Oestliche Zunge).

In Nordamerika sind aber auch die Gletscherablagerungen der Riss- und Würmeiszeit in allergrossartigster Weise entwickelt (vgl. Fig. 78); sie bedecken dort ein noch erheblich grösseres Gebiet als in Nordeuropa; auch ging dort das Inlandeis noch beträchtlich weiter nach Süden herab als in Europa, nämlich bis ungefähr zum 40. Breitegrad, also etwa bis zur Breite von Neapel und Madrid. Die Beschaffenheit der nordamerikanischen Gletscherbildungen zur Riss- und Würmeiszeit stimmt im allgemeinen völlig mit derjenigen der europäischen überein. Dies gilt besonders von den Moränenabsätzen, den Geschiebe- oder Blocklehmen. Die Endmoräne der Würmeiszeit wurde von der atlantischen Küste aus bereits auf eine Erstreckung von 750 km bis nach Dakota verfolgt. Die Mächtigkeit des Eises wird auf 1000—1600 m geschätzt. Gewaltige Findlingsblöcke wurden bis auf 1500 km Entfernung verschleppt.

3. Asiatischer Teil.

Bei dem über Asien sich ergiessenden nordpolaren Eisstrom lassen sich, entsprechend den Bodenverhältnissen des ganzen Festlandes, auf den ersten Blick *drei Hauptteile* unterscheiden, die in Uebereinstimmung mit der bisherigen Gepflogenheit, von Ost nach West fortschreitend, dargestellt werden mögen: ein ost-, ein inner- und ein westasiatischer. Ersterer schuf die asiatische Küste mit ihren Inseln und Halbinseln, der zweite drang ins

*) Nach Süss, S. 686/87. Die ganze Gebirgskette der Nordküste Südamerikas stellt ein langes einseitiges Gebirge dar, das wie soviele europäische Ketten seinen Steilabbruch einem Senkungsfeld, — dem caraibischen Meer — zukehrt. Die Steilabfälle sind gegen das Gebirge von Guayana gerichtet, dessen abgerundete Kuppen granitischer Felsarten aus dem tertiären Flachland wie Inseln aus dem Weltmeer hervorragen. An der Bucht von Barcelona (einer Eisübertrittstelle) scheint der Gebirgszug unterbrochen.

chinesische Hochland ein und vielleicht im Verein mit den Eismassen des nördlichen Himalaya bis zum Indischen Ozean vor, der dritte endlich grub die grosse west-sibirische Tiefebene aus und vereinigte sich teilweise mit dem ost-europäischen (vergl. S. 65).

An der *Ostküste Asiens* drang durch die Behringstrasse ein vom Pol kommender Eisstrom ein und bohrte nach Durchbruch des hemmenden Riegels das Behringsmeer als Wanne aus. Durch die Gebirgskette der heutigen Aléuten, sowie wahrscheinlich durch den Gegendruck des Südpolarstroms aufs neue gestaut, vermochte der Gletscher nur einen Teil seines Eises in den Grossen Ozean abzuführen, wo sein weiterer Verlauf der Unzulänglichkeit der Karten halber nicht mehr verfolgt werden kann. Andere Teile sandte er aus dem Behringsmeer über Kamtschatka ins Ochotzkische Meer hinüber, wo sie im Verein mit dem die Tschukschen halbinsel durchquerendeu Arm das genannte Meer ausgruben und sodann, wiederholt durch den Riegel der heutigen Kurilen gestaut, einesteils zum Uebertritt aufs Festland amuraufwärts, andernteils zum Einbruch ins Japanische Meer gezwungen wurden. Die Richtung des Unterlaufs der nordostsibirischen Flüsse, sowie der Gebirgszüge von Kamtschatka und von der Insel Sachalin geben die Richtung des zuströmenden Eises an. Die Amurzunge wurde quer durch die Mandschurei geschoben, schlug den Busen von Petschili und das Gelbe Meer als Wannen aus, erhielt daselbst die aus den Flusstälern des Hoang-ho und Jang-tse-kiang kommenden Himalaja-Gletscher als Verstärkung und vereinigte sich im ostchinesischen Meer wieder mit der durch die Strasse von Korea zuströmenden japanischen Zunge. Vereint durchbrachen sodann die Eismassen den Riegel der Liu-Kiu-Inseln und bohrten, vor dem Anprall des Südpolarstroms durch Australien und Neu-Guinea geschützt, die Wanne vor den Ladronen und Karolinen aus. Ein Teil des Eises brach aus dem ost-chinesischen Meer durch die Fukianstrasse nach Süden durch (wobei die Insel Formosa als Eisbrecher erhalten blieb), grub zusammen mit den aus den Busen von Tongking und Siam fliessenden Eismassen des Himalaja-Gletschers das südchinesische Meer aus, schuf weiterhin im Verein mit den teils über die Halbinsel Malaka gegen Südost vorgedrungenen Eismassen des Ganges-Irawadi-Gletschers die ganze ost-indische Inselgruppe, höhlte die Celebes-, Sunda- und Banda-See aus und mündete schliesslich in drei ausgesprochenen Rillen des Meeresgrunds: der Nares-, Carpenter- und Gazelle-Tiefe östlich von Neu-Guinea in den Ozean. Alle die Inselreihen, die perlschnurähnlich aneinander und an das Festland angehängt erscheinen, von den grossen japanischen Inseln herab bis zu den kleinen Liu-Kiu, Kurilen, Aléuten und Ladronen bilden — ebenso wie die kleinen Antillen vor Mittelamerika — die Umfassungswände von Wannen oder Schlaglöchern; ihre Erhaltung ist

nur dem von aussen her wirkenden Stau fremden Eises zu verdanken.*) Die grossen Meerestiefen, die ziemlich unmittelbar östlich von diesen Inselketten beobachtet werden, bestätigen das Vorstehende.

Der gegen Innerasien vorstossende nordpolare Gletscherteil wurde an einem kräftigen Eintritt in das Land durch die Höhe der dortigen Gebirge gehindert.



Figur 82.

China ist im Südwesten, Westen und Norden von mächtigen *Gebirgen* (Himalaja, Karakorum, Kuen-lün, Tianschan, Altai, Tanuola) umgeben. An diese gewaltigen Erderhebungen schliesst sich im Osten bis zum Chin-gan Gebirge die steppenartige Wüste Gobi oder Schamo an. Von der Erhebung im Südwesten, dem Pamir, fällt das Land nach der nordöstlichen Ecke, wo die Mandschurei an das eigentliche China grenzt und wo die transsibirische Bahn ohne Ueberschreitung von Passhöhen und ohne Durchquerung von von Wüsten nach dem Reich der Mitte geführt wurde. Diese nordwestliche Ecke ist es daher auch allein, durch welche nordpolares Eis nach China eindringen konnte, aber nicht als breiter Strom, sondern nur in einzelnen Zungen, insbesondere im Tal der Lena aufwärts. Das Streichen der dortigen Gebirgszüge, sowie die Gestalt des Baikalsees geben die Richtung des Eisschubs wieder.

Im übrigen kann bei der Mangelhaftigkeit der Karten der nördliche Teil von Innerasien das mit elementarer Gewalt erfolgte *Aufeinandertreffen der Eismassen* des Nordpolargletschers und der Gletscher vom Nordrand des Himalaja und den andern innerasiatischen Gebirgen nicht im einzelnen geschildert werden. Allem Anscheine nach war der Nordpolarstrom der weitaus mächtigere; er liess die dem nördlichen Himalaja entströmenden Eismassen nicht gegen Norden abfliessen, sondern zwang sie zu rückläufiger, südlich gerichteter Umkehr und zur Durchbrechung der gewaltigen Gebirgskette. Diese Durchbrüche des Indus, Satladsch, Brahamputra und Mekong durch die mächtigen Gebirgsfalten des Himalaja, die riesenhaften Ausbiegungen des Jang-tse-kiang, des Hoang-ho, Amur u. s. w., sowie der in

*) In wie weit hier die vulkanischen Kräfte und die bei den Eruptionen frei gewordene Wärme auf das Eis eingewirkt haben, soll hier ebenso wie auch bei der Gesamtbetrachtung nicht untersucht werden.

Innerasien vorherrschend nackte, oder mit „brauner Schutzrinde“ bedeckte Felsboden und die in den innerasiatischen Wüsten aufgehäuften ungeheuer mächtigen Moränenablagerungen in Form von Lehmen und Lössen*) nicht selten mit salzhaltigen Sanden und Tonen, deuten auf ungeheuer hohe Eisaufstapelungen und Eisaufstauungen, auf übermächtige Eisbewegungen und Eisdurchbrüche, auf gründliche Zerstörungen und Zermahlungen von Gebirgen, sowie auf gewaltige Aushöhlungen und Vertiefungen abflussloser Seebecken hin. In den Fällen, wo die Seen salzhaltiges Wasser zeigen, ist wohl mit Sicherheit auf nordpolare Gletscherwirkung zu schliessen.

Bezüglich der ganz aussergewöhnlichen Mächtigkeit der chinesischen *Lössbildungen* ist darauf hinzuweisen, dass durch die eben geschilderten ungeheuren Aufstauungen Kräfte von unvorstellbarer Mächtigkeit entstanden, von denen insbesondere auch ein Teil nach abwärts gerichtet war und Aushöhlungen des Untergrunds in grösstem Umfang schuf. Da nun die Mächtigkeit der Eisströme eine wechselnde war, so wurde der Ort des Zusammentreffens, der Kampfplatz beider Gletscherenden, zeitweise um hunderte und tausende von Kilometer verlegt. Während es aber sonst den Eismassen in den meisten Fällen (z. B. Amazonengebiet S. 85, Rhonetal S. 101 u. Potal S. 102) gelang, sich eine weite Bahn in Form eines grossen, heute noch bestehenden Flusstals nach dem Meer zu schaffen, längs deren die Lösse abgeführt wurden, fehlt eine solche in China gänzlich, teilweise wird die Ursache wohl darin zu suchen sein, dass die nach dem grossen Ozean ausgebrochenen Gletscherteile bei ihrem weiten Vorstoss teils durch den Nord- teils durch den Südpolarstrom gestaut wurden. Die grosse Mächtigkeit der chinesischen Lösse, die ja im kleinen unter ähnlichen Verhältnissen auch in der ungarischen und in der oberen Rheintalebene beobachtet wird, erklärt sich sonach ohne weiteres als Wirkung der zermahlenden und zerreibenden Kräfte des Eises und der, bei fehlendem Abfluss vor sich gehenden ausschlämmenden Tätigkeit der Schmelzwasser. Dass die oberen Schichten durch die Schmelzwasser und später nach ihrer Austrocknung durch Tagwasser und Winde teilweise umgelegt wurden, ist einleuchtend.

Die Hauptmasse des zur Günz- und Mindeleiszeit über die ganze Nordküste von Sibiren eingebrochenen Eises jedoch wurde von den Randgebirgen des chinesischen Hochlands nach Westasien abgelenkt und schuf dort, im Kampfe mit den dem Sajanischen Gebirge, Altai, Tian-schan

*) Freiherr von Richthofen berichtet, dass im Innern von China der Löss tausende von Quadratmeilen Landes in einer Mächtigkeit, die mitunter 600 m erreicht, bedeckt und bis zu Seehöhen von 2400 m ansteigt. Nach seiner Ansicht entstand dieser Löss in wasserarmen Becken, die keinen Abfluss besitzen, durch Einfluss der bewegten Luft, ohne oder mit nur untergeordneter Mitwirkung von Wasser auf trockenem Boden als sogen. subaerische Bildung (vergl. Anmerkungen S. 52 und 55).

und Hindukusch entströmenden Gletscherzungen die zwischen diesen Gebirgen und dem Ural gelegene, grosse westsibirische Tiefebene, bohrte die Aralniederung aus und vereinigte sich am Kaspischen Meer mit der ostrussischen Zunge. Die Heftigkeit des Kampfes zeigt neben dem zackenförmig ausgebildeten östlichen Gebirgsrand auch die kreisförmig umgebogene Form des Balkasch-Sees. Die Endmoränen liegen in den hochgelegenen Wüsten von Iran und Turkestan (vergl. S. 81).

II. Südpolargletscher.

Man könnte, im Gegensatz zu den nordpolaren Gletscherströmen der Günz- und Mindeleiszeit, die rings um sich herum ein quergelagertes Festland vorfanden, das sie bei ihrem Fortschreiten teils erklimmen, teils zerstören mussten, auf den Gedanken kommen, dass die südpolaren Ströme leichtere Arbeit hatten, insofern ihre dem Südpolarfestland entströmenden Eismassen zur Günz- und Mindeleiszeit unmittelbar in den Atlantischen und Grossen *Ozean* abfliessen konnten.

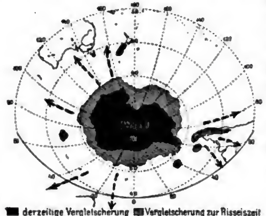
Wenn man jedoch die Karte von Afrika und Südamerika etwas näher betrachtet, so fällt sofort die gegen Süden gerichtete Zuspitzung beider Kontinente auf, die sich dadurch deutlich als Rieseneisbrecher*) kennzeichnen. Die schwache Gliederung der beiden Küsten lässt ebenfalls auf unermesslich starke Eisströme schliessen, die ihnen entlang flossen und sie gründlich abhobelten. Ferner weisen auch die Lage und Richtung der Inseln und Fjorde der südamerikanischen Westküste, sowie die an den afrikanischen Küsten gelegenen Buchten (Kapstadt-, Lüderitz-, Sandfisch-, Walfisch-, Delagoa-Bucht u. a.), welche die Form von nach Norden offenen Haken

*) Süss, S. 1 und 6. Das auffallendste Merkmal unserer Erdkarte ist der südwärts keilförmig sich verengende Umriss der Festländer in den verschiedensten Breiten. Kap Horn, das Kap der guten Hoffnung, Kap Komorin in Ostindien, Kap Farewell in Grönland sind allbekannte Beispiele. Bei der Betrachtung dieser keilförmigen Gestalt der Festlandmassen handelt es sich nicht um etwas seit der Bildung des Erdkörpers unverändert Gegebenes, sondern es wird sich jeder Versuch, die Bewegungen und Formveränderungen der Erdrinde zu verstehen, mit diesen grössten Merkmalen der planetarischen Oberfläche zu beschäftigen haben.

Süss, S. 500. „Die Hundert Fadenlinie (am Kap der guten Hoffnung) stimmt also nicht mit dem stumpfen Umriss der heutigen Küste überein, sondern verlängert denselben gegen Süd. Es lässt ferner jede bessere geographische Karte erkennen, dass auch der Verlauf der Höhen im Innern des Lands zwar deutlich in Beziehungen steht zu dem Verlauf der Küste, dass jedoch eine wesentliche Abweichung auch hier besteht."

(Das nämliche trifft für Feuerland zu, dem die Falklandsinseln bis in die jüngste Zeit angegliedert waren, so dass die Form der Eisbrecherspitze sich der von Afrika nähert).

haben, auf Auskolkung von Süden her hin. Unter diesen Umständen erscheint es sehr wahrscheinlich, dass früher zwischen dem Südpol einerseits und den Festländern von Afrika und Südamerika andererseits (vergl. auch Fünfter Abschnitt, Anhang) eine *Landverbindung* bestand, welche von den Gletschern zunächst als Gleitboden benützt, im Lauf der Zeit aber vollständig abgetragen und zerstört wurde. Ein Ueberblick über die Eisverhältnisse der südlichen Halbkugel ist in Figur 83 gegeben. Es ist darin nicht nur der Verlauf der Gletscherströme zur Günz- und Mindelzeit angedeutet, sondern auch die Verbreitung des Eises zur Riss- und Würmzeit, sowie dessen Ausdehnung in der Gegenwart dargestellt.



Figur 83.

Entsprechend der beim Nordpolgletscher nach Ländern erfolgten Aufzählung der einzelnen Eisströme sollen hier die drei Hauptmeere die Grundlage für die *Einteilung* abgeben: Teil im Atlantischen-, Grossen- und Indischen Ozean.

1. Teil im Atlantischen Ozean.

a) Südlich vom Aequator.

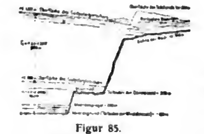
Bei Betrachtung einer genauen, in grösserem Massstab gehaltenen Karte von Afrika (z. B. derjenigen von Deutsch-Südwest-Afrika von Langhans) glaubt man auf der Westseite die Spuren des mächtigen antarktischen Eisstroms in Form von ungeheuren Abhobelungen entlang der Küste auf's genaueste verfolgen zu können (vergl. Fig. 84).



Figur 84.

Das in dieser Karte mit hellgelber Farbe angelegte Vor- und Küstenland, das auf der Strecke *vom Oranje-Fluss bis zur Sand- und Walfisch Bai* rund 100 km breit und in der Karte als Sandwüste, durchstreift von Geinin Buschmännern bezeichnet ist, würde hienach den letzten östlichen Rest eines alten Talbodens grössten Umfangs darstellen, dessen günzeiszeitliche Trogwand durch das in einer Steilstufe von 600—800 m abfallende afrikanische Hochland gegeben ist. Die mindeleiszeitliche Trogwand dagegen würde von dem etwa

200 m hohen Steilabfall dieses Vorlands zum Meer und der etwa 100 m betragenden derzeitigen Meerestiefe entlang der Küsten gebildet. Hieraus erhält man das in Fig. 85 gezeichnete Querprofil. Die sog. 100 Wasserfälle des Oranjeflusses mögen wiederum als Höhenmarken des Eisstands dienen.


Figur 85.

Dieser mächtige Eisstrom wurde durch den südöstlich von der *Walfischbai* gelegenen widerstandsfähigen Gebirgstock auf seiner Wanderung nach Norden um weniges gegen Nordwest abgelenkt und hat hier, wie an jeder konkaven Ablenkungstelle, den Untergrund etwas tiefer ausgehöhlt. In diese Vertiefung fiel später der von Nordosten aus den Tafelbergen herab kommenden Fluss ein, so dass er heute im rechten Winkel umgebogen erscheint und der früheren Eisfurche entlang zur Walfischbai abfliesst.

Der durch den erwähnten Gebirgstock wenig nach Nordwesten abgelenkte Gletscher hobelte nun an der ebenfalls schwach nordwestlich geknickten Küstenlinie in seinem weiteren aus der Langhans'schen Karte ersichtlichen Verlauf (s. Fig. 84), *von der Walfischbai bis zur Nordgrenze von Deutsch-Südwest-Afrika* eine Riesenhohlkehle entlang des Tafelgebirges aus, die in der gen. Karte ebenfalls mit hellgelber Farbe und als Narinku oder Toppnaers bezeichnet ist.

Aus dem Vorhandensein dieses zur Günzzeit etwa 900 m mächtigen Gletscherstroms, der auf einem etwa 200 m über dem Meer gelegenen Talboden nach Norden geschoben wurde und mit seiner Oberfläche daher etwa 1200 m heutige Seehöhe erreichte, folgt nun aber auch, dass er ein zweites, ähnliches hohes Ufer gehabt haben muss. Mit anderen Worten: Dieser Riesenstrom reichte von Afrika bis Südamerika, wobei aber nach den Tiefenkurven des Atlantischen Ozeans zu schliessen sein dürfte, dass er zu Beginn der Günzeiszeit durch ein Gebirge, dessen letzten Reste in den Inseln Tristan da Cunha, Ascension, S. Paul und Azoren erhalten sind, in zwei Teile getrennt war, dass dieses Gebirge durch beiderseitige Abhobelung verschmälert und erniedrigt wurde und dass etwaige Quergebirge, ähnlich wie in Russland, nur in verstärktem Masse der Zerstörung anheimfielen (Fig. 65).

Wird nunmehr in Südamerika*) der östlich von den Kordilleren gelegene Teil in Bezug auf die etwaigen Wirkungen solch hoher Eisströme

*) Süss, S. 133. „Die berufenste Autorität in dieser Frage, Professor R. Philippi in S. Jago, hat schon vor Jahren in seiner Beschreibung der sog. Wüste Atacama hervorgehoben, dass er keine Tatsachen gefunden habe, welche auf eine neue, in historischer Zeit eingetretene Hebung dieser Gegend hinweisen würde, . . . S. 134 . . . Offen muss ich gestehen, dass ich infolge meiner Beobachtungen und Erfahrungen wenig geneigt bin zu glauben, dass die *Anden und andere hohe Gebirge* lediglich in Folge von vielen Tausenden

des näheren untersucht, so erkennt man sofort, dass die ostbrasilianischen Gebirge als Eisbrecher wirkten und eine Spaltung des Gletscherstroms hervorriefen.

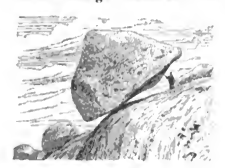
Eine *westliche Zunge* drang durch Patagonien und Argentinien*) ins Land ein, wo die dortige Steppe und die vielen Salztümpel als Reste der Mindelmoräne aufzufassen sind. Das Eis wurde sodann dem heutigen Paranafluss entgegengeschoben, wobei während des Höchststands zur Günzeiszeit kleine Zungen nach Nordosten, dem Araguay- und dem San-Franciscofluss zu ausbrachen, (zu Ende der Mindeleiszeit die neuerdings bekannt gewordenen, 70 m hohen Fälle des Yguazu, sowie die Fälle der Parana, als Höhenmass der Eisstauung zurücklassend), während die Hauptmasse das brasilianische Bergland überschritt und in das Gebiet des Amazonen-Stroms wanderte. Hier traf sie mit den Nordpolarströmen, die über den Orinoco (Venezuela und Guyana) hieher gelangt waren (vergl. S. 78), zusammen. Bei dem hiedurch hervorgerufenen Ringkampf bohrten die gegeneinander geschobenen Eismassen die grosse Tiefebene des heutigen Amazonenflussgebietes**), das in der Hauptsache aus weichen Kreide- und Tertiärablagerungen besteht, derart aus, dass der Amazonenfluss heute derjenige Fluss der Erde ist, der das geringste Gefäll hat, sowie Bifurkationen nach Norden und Süden besitzt. Der Abfluss der beiden rechtwinklig umge-

solcher Erdbeben, die jedes den Boden um ein paar Zoll oder ein paar Fluss, wenn es hoch gekommen wäre, emporgehoben hätten, entstanden sind."

S. 136. „Es zeigt sich nun, dass der südwestliche Teil Südamerikas, jener, der Chile umfasst, Vulkane bietet und Erdbeben und Terrassen; der südöstliche zeigt Terrassen, aber keine Vulkane und nur sehr selten Erdbeben; der nordwestliche hat Vulkane und Erdbeben, aber keine Terrassen; der nordöstliche hat Erdbeben, aber keine Vulkane und keine Terrassen. Näher betrachtend sieht man, dass die Terrassen im Sinne der Parallelen abnehmen und im Norden fehlen. . . . .

K. Fuchs sagt, dass seit dem Erdbeben wirklich wissenschaftlich beobachtet und deren Erscheinungen und Folgen untersucht werden, sich unter vielen Tausenden von Erdbeben *auch nicht ein Fall von Hebung zugetragen hat.*"

(Die im Süden beobachteten Terrassen sind als letzte Reste alter Talböden, bezw. Trogwände aufzufassen (vergl. Fig. 85); ihr Fehlen im Norden erklärt sich einfach aus dem Umstand, dass die in starker Bewegung befindlichen südpolaren Eismassen sich dort von der heutigen Küste entfernten).



Figur 86.

*) Figur 86 stellt den beweglichen Stein von Tandil in Argentinien dar, der vollständig glatt poliert und auf einem abgescheuerten Rundhöcker derart aufgelagert ist, dass er, trotz seines auf 600 Tonnen geschätzten Gewichts, von Hand in Schwingungen versetzt werden kann. Die Erklärung dieses Naturwunders aus der Tätigkeit von Eisströmen ist völlig einleuchtend, als Wirkung von Wassererosion wohl kaum möglich.

**) Süss, S. 677 f. „Zwei grosse Ströme treten nahe aneinander aus dem Abfalle hervor, der Rio Grande, welcher nordwärts zum Amazonenstrome, und der Pilcomayo, welcher südlich zum La Plata fliesst. Die Wasserscheide zwischen beiden ist aber so flach, dass auf derselben der Rio Parapiti in den Sümpfen des Urwalds verloren geht und nur bei Hochwässern Abfluss findet." (Das nämliche trifft auch zwischen dem Orinoco und Rio Negro zu).

bogenen Eisströme erfolgte schliesslich entlang dem Amazonenstrom in den Atlantischen Ozean. Bei längerer Dauer wäre Südost-Brasilien als Insel vom Festland abgetrennt worden.

Eine *östliche Zunge*, der Hauptstrom, strich der Ostküste Südamerikas entlang weiter und wurde von der Serra do Mar*) bei Rio de Janeiro und von der Serra do Espinhaço bei Bahia, welche als 2000—2700 m hohe westliche Trogwand des altlantischen Teils des Südpolargletschers zu betrachten sind, gegen Nordosten, der afrikanischen Küste zu getrieben, so dass einesteils für die aus dem Amazonenstromgebiet ausfliessenden, vereinigten nord-südpolaren Zungen, andernteils für das aus dem Mexikanischen Golf zwischen den Kleinen Antillen entströmende Eis des Nordpolargletschers Raum gewonnen wurde (vergl. S. 78).

Ein Blick auf Figur 65 zeigt sodann deutlich die durch die Gestalt Südamerikas wie Afrikas bedingte Verengerung des den beiden Gletscherteilen zur Verfügung stehenden Raums. Ein starker Zusammenstoss an der engsten Stelle war daher unausbleiblich. Da nun, wie dies im nachstehenden gezeigt werden soll, aus den gegenseitigen Wechselwirkungen dieser beiden Teile des Südpolargletschers im Verein mit dem auf Nordamerika zufliessenden Teil des Nordpolargletschers sich die Tiefenkurven des Atlantischen Ozeans vollständig erklären, so darf wohl auch umgekehrt geschlossen werden, die Tiefen des heutigen Ozeans sind in der Hauptsache ein Erzeugnis der Gletscherbewegungen, in gleicher Weise wie dies S. 64 und 65 für das Kaspische und Schwarze Meer, sowie S. 76 für den Golf von Mexiko gezeigt wurde. Der amerikanische Eisstrom wurde also von den Gebirgen der Ostküste Südamerikas unter dem 25sten und wiederholt unter dem 10ten Grad südlicher Breite gegen Nordosten in der Richtung auf die afrikanische Küste und der afrikanische Gletscher von dem wenig nördlich vom Aequator gelegenen Konggebirge von Ober-Guinea gegen Westen abgelenkt. Die Folge war, dass die Gesamteismassen etwa unter dem Aequator aufeinander stiessen, um nach den Gesetzen des Zusammenprallens elastischer Massen sofort wieder nach Nordwest, bezw. Nordost auseinander zu fliessen**). Hiebei wurde wohl auch der unterseeische, zwischen den Inseln Tristan da Conha und Ascension annähernd süd-nörd-

---

*) Süss, S. 656. Die Serra do Mar bricht steil gegen das Meer ab; es ist, als hätte man den Rand einer Schale erklommen. Ihrer seltenen, landschaftlichen Schönheit entsprechend, heisst der südliche Teil Serra Graziosa. Der Fluss Parahyba (Eisrille) sammelt seine Wasser in einem der Küste parallelen Längental und erreicht quer über das Streichen des alten Gneisgebirgs das Meer, aber jenseits von diesem Längental fliessen die Wasser landeinwärts und die Wasserscheide des ausgedehnten Festlands liegt nahe seinem Rande. In Rio Grande do Sul treten horizontale Sandsteinschichten als ausgelöste Reste einer einst zusammenhängenden Decke auf (Seehöhe 6—900 m).

**) Penck und Brückner führen als Beispiel dieser Art das Aufeinanderstossen des Gotthard- und Brünnig-Gletschers am Vierwaldstättersee an, wo nach dem Zusammenstoss der eine Arm die Bucht von Küssnacht, der andere die von Luzern ausbohrte.

lich verlaufende Höhenrücken, welcher damals noch als Gebirgszug die beiden Eisrinnen trennte, auf der amerikanischen Seite derart ausgekehlt, dass er heute stark nach Nordwesten über die St. Paulsinseln abgebogen erscheint. Den bei dem Ringen entstehenden Aufstauungen und seitlichen Drücken entsprechend zeigt die amerikanische Küste bei Rio jene landschaftlich hervorragend schönen Felsbildungen und die afrikanische Küste von Senegambien eine eigentümlich zerrissene Strecke, die sich aus fjordähnlichen Halbinseln und Inseln zusammensetzt und im schroffsten Gegensatz zur südlichen und nördlichen Fortsetzung steht. Infolge der ungeheuren Pressungen schaufelte das Eis entlang den Küsten tiefe Rillen aus und wurde teilweise auch in die Festländer hineingeschoben, wo es in Südamerika im S. Franciscofluss, in Afrika im Kunene-, im untern Kongo-, im Ogowai- und Kowarafluss die mächtigen Fälle und Stromschnellen erzeugte und durch Ablagerungen von Moränensanden wohl die rätselhafte Tschadseesenke mit ihrem ausgedehnten Netz von Niederungen und Sümpfen und weiterhin die Bildung der Sahara mit ihren Salzseen, Salztonen u. s. w. veranlasst hat.

b) Nördlich vom Aequator.

Der afrikanische Zweig setzte nun seinen Lauf, wie schon oben bemerkt, in nordöstlicher Richtung der Küste entlang fort (vergl. Fig. 87).



Figur 87.

In der nach Süden geöffneten Einbuchtung an der Südgrenze *Marokkos* (etwa 30ster Grad nördl. Breite) ist ein mächtiger Eiseintritt ins afrikanische Binnenland festzustellen, der sich durch ganz Marokko, Algier und Tunis bis zur kleinen Syrte des Mittelländischen Meers durch schroffgespaltene Einfressungen, durch Trockentäler (Wadi), die in ihren Richtungsverhältnissen genau dem Eisschub entsprechen und durch Natronseen und Steppen, sowie durch Auskolkungen des Untergrunds unter den Meeresspiegel deutlich erfolgen lässt*).

Der Hauptstrom zog nach Norden weiter, wo er die heute noch stark vorspringende Küste *Spaniens* traf. Einesteils furchte er hier nach und nach

*) Solche Eisrillen parallel zur Stromrichtung finden sich besonders auch auf der Hochebene der Schotts an der Grenze Marokkos und Algiers (Lac Salé südlich von Oran und das Tal des Scheliff zwischen Konstantine und Algier). Die berühmten algerischen Schluchten Chabet el Akhra (Schlucht des Tods), der Felsenriss der Chiffa-Schlucht u. a. sind Querdurchbrüche des südpolaren Eises vom algerischen Festland nach dem heutigen Mittelmeer.

die Strasse von Gibraltar*) aus und drang in das heutige Mittelmeer ein, wo er auf die Löwengolf- und ligurische Zunge des südalpinen Gletschers stiess. Andernteils wurde das Eis in der gegen Süden offenen Bucht von Cadix dem Lauf des Quadalquivir und der Guadiana entgegen, in der Einbiegung von Lissabon tejoaufwärts und bei Oporto dueroaufwärts bis auf die spanische Hochebene geschoben. Hier zerriess es die vorhandenen Gebirge in einzelne, parallel zum Eisschub gerichtete Ketten, die Sierren, trat von einem Tal ins andere über, schuf die schluchtähnlichen Querschnitte der Flüsse**) und deren zahllose Stromschnellen, (die diese grossen Ströme heute zur Schiffahrt unbrauchbar machen), sowie, infolge des sich geltend machenden Staus des nordpolaren Stroms, die zahlreichen Fjorde der nördlichen Westküste Spaniens. Die salzigen Sande der Steppen in Alt- und Neu-Kastilien, welche die Unfruchtbarkeit dieser Landesteile ausmachen, sind als Endmoränen jener Eismassen zu bezeichnen. Ob die Eismassen ganz Spanien durchquert haben und teilweise über die Ostküste ins Mittelmeer abgefallen sind, soll dahingestellt bleiben***).

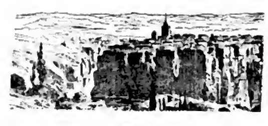
Der trotz der seitlichen Abgaben immer noch beträchtliche Rest des Südpolarstroms zog, von dem nördlichen Teil der Westküste Spaniens

*) Nach Süss, S. 376. Die Strasse von Gibraltar liegt in dem Querbruch eines Kettengebirgs und ist, wie gross auch ihre Bedeutung für den heutigen physischen Zustand unseres Weltteils sein mag, doch in der allgemeinen Struktur desselben nicht bedingt, sondern von diesem Standpunkt aus nur ein Zwischenfall von recht untergeordnetem Range (d. h. eine zufällig stärker erweiterte Eisrille parallel den Falten des Atlasgebirges).

**) Die Fig. 88 stellt den Oberlauf des Tejo, Fig. 89 den des Jucar bei Cuenca und Fig. 90 die Sierra Newada vor. Die Ausfurchung dieser klammartigen Flusstäler und Ausschälung der eigenartigen Felsgebilde erklärt sich durch die Tätigkeit des Eises von selbst.




Figur 88.



Figur 89.



Figur 90.

***) Nach Süss, S. 381. Zur Tertiärzeit soll eine Meeres-Verbindung quer durch das heutige Spanien bestanden haben. (Die Salzsteppen von Niederaragonien weisen darauf hin, dass die Talweitungen des oberen Ebrotals vielleicht als Schlaglöcher südpolarer Eisströme aufzufassen sind: jedenfalls war dabei aber auch Pyrennäeneis beteiligt. Spanien besitzt mehr Salzlachen als irgend ein anderes Land Europas).

wenig gegen Westen abgelenkt, weiter nordwärts gegen *Frankreich*. Hiebei traf er mit dem über Frankreich und England hinweg geschobenen Teil des Nordpolarstroms zusammen. Anfangs war er der mächtigere und zwang die französische von Nordost nach Südwest gerichtete Zunge zur Wendung in die Richtung von Nordwest nach Südost. Diesem Umstand ist die tiefe Aushöhlung des biscayischen Meerbusens und des grossen Girondebeckens zuzuschreiben. Einem vollständigen Durchbruch der Eismassen zum Mittelmeer standen jedoch die Gletscherströme der Alpen entgegen, die ihre Uebereichzungen hierher versandten*).

In seinem weiteren Lauf wurde der allmählich an Kraft verlierende südpolare Gletscherstrom in der Höhe von *Grossbritannien* von dem durch die Eiszungen des Aermelkanals und Irlands stärker und stärker werdenden Nordpolargletscher mehr und mehr abgewiesen und schliesslich in der Höhe der Nordküste von Schottland zum vollständigen Stillstand und zur Ablagerung seiner Endmoränen im Atlantischen Ozean gezwungen (vergl. Figur 65).

Der durch den Zusammenstoss nach Nordwest abgelenkte amerikanische Zweig des atlantischen Südpolarstroms staute zunächst die dem Amazonenstromgebiet entströmenden Eismassen beträchtlich auf und verhinderte dadurch wohl die Auskolkung dieses Tieflands zur Meeresbucht, erfuhr nun aber auch seinerseits durch den Gegendruck dieser Eismassen, sowie durch die zu beiden Seiten der Antillen beiströmenden Teile des Nordpolargletschers einen derartigen Stoss nach Nordosten, dass er nun wohl ganz in die Gefolgschaft des afrikanischen Zweigs gedrängt wurde. Andererseits wurde wiederum der Nordpolarstrom hiebei so aufgestaut, dass er die westindische Tiefe bei den Antillen ausgrub (Fig. 65).

Durch diesen Teil des Südpolargletschers wurde nach vorstehendem wohl wahrscheinlich ein ganzer Kontinent zerstört**), nur einzelne wenige Inseln und Inselgruppen***), sowie die durch Tiefenlinien erkenntlichen

*) Süss, S. 385. „Die Bucht der Gironde ist wahrscheinlich nicht als eine alte Verbindungsstrasse des Mittelmeers, sondern nur als eine atlantische Bucht anzusehen.“ Ob die tiefe Rille, die sich im biskayischen Meerbusen entlang der Nordküste Spaniens bis zur Adourmündung in stark ausgesprochener Weise verfolgen lässt, mit der gewaltsamen Umbiegung des nordpolaren Eisstroms durch den südpolaren zusammenhängt oder ob sie die Abflussrinne des durch diese zwei Ströme gequetschten Eises aus den nördlichen Pyrenäen darstellt, kann an Hand der zur Verfügung stehenden Karten nicht entschieden werden).

**) Süss, S. 364—375. Es bestehen alle Anzeichen, dass Südamerika und Europa zur Kreide- und Tertiärzeit zusammenhingen. Die Kalksteine von Florida und Malta, von Alabama und Paris, die Schichten am Mississippi und der unteren Loire zeigen ganz die nämlichen Verhältnisse.

***) Der Umstand, dass ein Teil dieser Inselgruppen, (Kapverdische-Kanarische- und Azorische Inseln) von vulkanischer Beschaffenheit ist, beeinträchtigt das Ergebnis in keiner Weise; die Inseln wurden durch das Eis ihrer Ummantelung entkleidet und leisteten, weil aus widerstandsfähigerem Gestein als dem weichen cretacischen und tertiären der Umgebung erfolgreichen Widerstand.

unterseeischen Bänke erinnern an sein früheres Dasein. In dem ungeheuren Kessel zwischen Nordamerika und Nordafrika wurden die mächtig aufeinanderstossenden, den Eisströmen innewohnenden Kräfte zum Ausgleich gezwungen und es stellt somit dessen Aushöhlung in der Hauptsache eine Arbeit des gewaltsam in seiner Bewegung beeinträchtigten Eises dar.

2. Teil im Grossen Ozean.

Da über das australische Festland, dessen umfangreiche Wüsten grosse Aehnlichkeit mit der Sahara aufweisen und die End- und Mittelmoränenreste der Günz- und Mindeleiszeit darzustellen scheinen*), sowie über die Tiefenkurven des Grossen Ozeans nur unvollkommene Beschreibungen vorliegen, sollen für diesen Teil des Südpolargletschers nur die Wirkungen betrachtet werden, die er entlang der Westküste des amerikanischen Kontinents hinterlassen hat.

Der gewaltige, vom voreiszeitlichen, südpolaren Festland kommende Eisstrom, dessen Oberfläche in Südamerika wohl etwa die Höhe 1300—1400 m über dem heutigen Meeresspiegel erreicht haben mag, wurde im südlichen *Chile* durch die damals beträchtlich breiteren und höheren südlichen Kordilleren in zwei Teile, den des Atlantischen- und den des Grossen Ozeans, geteilt. Der genannte, süd-nördlich verlaufende Gebirgszug wurde hiebei beiderseits stark abgeschliffen und erniedrigt, so dass sich die Trennungstelle des westlichen und östlichen südamerikanischen Südpolarstroms mehr und mehr gegen Norden bis zum 40. Grad südlicher Breite verschob. Dort beginnt zwischen der Insel Chiloe und dem Festland als Golf von Corcovado ein Längental**), das sich nordwärts auf 20 Breitegrade verfolgen

*) Ob zur Zeit des höchsten Eisstands Ströme vom Spencer- zum Karpentaria-Golf, sowie vom Austral- zum Cambridge-Golf in süd-nördlicher oder in umgekehrter Richtung mitten durch Australien geschoben wurden, kann nur an Hand genauer Karten enschieden werden.

**) Süss, S. 666 f. „Die Küsten-Kordilleren sind schon in Peru durch einige längs der Küste vorhandene Trümmer kennbar, aber erst gegen Süd gewinnen diese Trümmer Zusammenhang. In der chilenischen Provinz Aconcagua zieht eine Anzahl tiefer Täler von den Anden quer durch die Küsten-Kordilleren unmittelbar zum Meer, aber auf der Höhe der trennenden Rücken ist auf einer Linie, welche von Norden gegen Süden läuft, in der fast gleichen Höhe von 12—1300 m eine Reihe von niedrigen Einsattlungen vorhanden. In die Fortsetzung dieser Einsattlungen fällt das grosse chilenische Längental. Man möchte meinen, es sei in Aconcagua einem älteren, longitudinalen Talsystem ein querlaufendes, jüngeres aufgesetzt, so dass heute die Lage des längeren Längentals nur auf der Höhe der Querzüge durch Einsattlungen erkennbar bleibt. Im Süden tritt ein anderer Fall ein. Der Meer ist nicht nur in die Fortsetzung des Längentals eingetreten, sondern man sieht die steilen, gletschererfüllten Quertäler des Festlands in ihrer Lage auffallend entsprechen den Meeresstrassen, welche Chiloe und die einzelnen südlicheren Inseln von einander trennen, als wäre eben jenes System von Quertälern ebenfalls überflutet, welches einstens auch hier das Längental kreuzte.“

S. 673. „Ein beträchtlicher Teil der Niederung ist ausgefüllt mit einer ungeschichteten Decke von sandigem Ton, der Mastodon Andium enthält und grosse Ähnlichkeit mit dem Ton der brasilianischen Pampas besitzt. . . In Chile besteht nur *ein* Hauptzug der Kordillere, welcher als die Fortsetzung des westlichen Zugs von Peru anzusehen ist. Westlich von diesem Zug gegen das

lässt. Dieses Längental bezeichnet den Verlauf einer kleinen (frühgünzeiszeitlichen) Gletscherzunge, die fast bis an die Grenze des heutigen Peru geschoben wurde und dort als Endmoräne die Ablagerungen der Wüste Atacama (Salpeter, Jod und dergl.), sowie viele Salzseen und Salztümpel hinterlassen hat, während der (spätgünzeiszeitliche) Hauptstrom in tieferer Lage der heutigen Küste entlang, die somit als einseitige Trogwand aufzufassen ist, weiterfloss. Dass unter diesen Umständen eine grosse Zahl quer zu den Kordilleren verlaufender Eisübertrittstellen nach Westen und Osten beobachtet wird, bedarf keiner näheren Erläuterung. An die Westküste Südamerikas hat sich offenbar ein durch die Eisströme abgetragenes Festland angeschlossen, das Gebirgsketten senkrecht zu den Kordilleren besass*), Die zur Abflussrichtung des Gletschers quer gelagerten Ketten wurden durch den Eisschub von Grund aus zerstört, so dass sich vielleicht nur noch in den kleinen westlichen Inseln spärliche Ueberreste davon vorfinden. Auf diesem alten Festland, dessen Gefäll gegen Süden wahrscheinlich in dem alten Längental und an den selbständigen Gebirgstöcken**) der Küsten-Kordilleren noch zu erkennen ist, wurde scheinbar zu Beginn der Günzeiszeit das Eis weitergeschoben, bis es die nördliche, bezw. nordwestliche Wasserscheide erreicht hatte und hernach durch seinen jenseitigen Abfall den Kontinent von Norden her zerstörte (wie dies in dem Abschnitt über Talumkehrung S. 16 geschildert wurde), dabei die alte Trogwand abschliff und die Talsohle mehr und mehr erniedrigte***).

Die in *Peru* und *Bolivia* etwa 3600—3800 m hoch — also weit über dem nur 1200—1400 m betragenden Höchststand der Vergletscherung — gelegenen Süsswasserseen von Aullaga und Titicaca sind wohl als Wannen örtlicher Vergletscherungen aufzufassen.

Aehnlich wie an der Ostküste Rio de Janeiro wurde nun auch hier der mächtige Eisstrom von der unter dem 19. Grad südlicher Breite gelegenen *Bucht von Arica* an durch das Küstengebirge nach dem offenen Ozean derart abgelenkt, dass er erst unter dem 20. Grad nördlicher Breite, westlich von der Stadt Mexiko, die heutige nordamerikanische Küste wieder anschnitt.

Meer hin stellen sich aber in Chile ganz eigentümliche Verhältnisse ein. Hart an der Küste läuft nämlich eine Anzahl selbständiger Gebirgsstöcke hin, für welche wir den Gesamtnamen der Küsten-Kordilleren verwenden werden. Zwischen diesen und dem östlichen Abhang der Anden liegt im Norden die Wüste Atacama, weiter im Süden das grosse Längental von Chile; noch südlicher am Meerbusen von Corcovado und dem Kanal Moraleda verschwindet der Hauptzug der Kordilleren.“

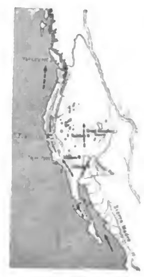
*) Süss, S. 667. „Sehr eigentümlich ist das Abbrechen der Küstenlinie in rechtwinkligen Zacken, welches an dem Morro de Mejillones, dann südlich von Coquimbo und in den Busen von Talca-huano und Arauco sich wiederholt.“

**) vergl. Anmerkung S. 90.

***) Süss, S. 681. „Die in unmittelbarer Nähe des Strands fortlaufende Zone von niedrigen Bergen besteht aus Syenit, Granit oder einem Grünstein, der häufig von einer roten Verwitterungschichte bedeckt ist.“

In der Zwischenstrecke nun stiessen in der Höhe von *Ecuador und Columbia* die über Mittelamerika (Tehuantepec und Panama vergl. S. 77 u. 78) übergetretenen Eismassen des nordpolaren Stroms mit denen des südpolaren zusammen. Zeugnis von dem stattgehabten Kampfe geben der einzige grössere Meerbusen der südamerikanischen Küste von Guayaquil, dessen Form und umgebende Gebirge die Stauverhältnisse wiederspiegeln, ferner die nordsüdliche Richtung der die nordpolaren Eismassen aufnehmenden kleineren dortigen Flusstäler, sowie die zwischen dem 5. und 6. Grad südlicher Breite gelegene Wüste von Sechura. Auch werden die Galapagos-Inseln ihr Fortbestehen diesem Aufstau und der damit verbundenen Beeinträchtigung der Geschwindigkeit des Eisstroms zu verdanken haben.

Der entlang der nordamerikanischen Westküste weiter geschobene Südpolarstrom wurde sodann durch die Halbinsel *Kalifornien* gespalten (Fig. 91). Der östliche Teil schürfte den langgestreckten kalifornischen Meerbusen aus, wobei er das östliche



Figur 91.



Figur 92.

Ufer dieses Busens überflutete und abtrug, ging den Kolorado aufwärts*), schuf dessen weltberühmte Cannons**) (Fig. 92), hobelte das grosse nach Süden dreieckig zugespitzte Becken von Nevada und Utah***) mit seinen un-

*) Die Aehnlichkeit der Bildung ist mit derjenigen des Beginns des chilenischen Längentals bei der Insel Chiloe ganz übereinstimmend, nur dass dort die Halbinsel in eine Inselreihe aufgelöst ist. Nach Süss S. 751 werden auf der kalifornischen Halbinsel sehr junge, als post-pliocän bezeichnete Meeresbildungen bis zu 110—150 m Höhe über dem heutigen Strande an vielen Orten angetroffen.

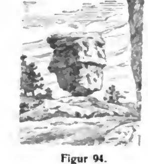
**) Der Cannon besteht streckenweise aus 2 Stockwerken; die obere Schlucht ist 8—9 km breit und von etwa 570 m tiefen Abstürzen begleitet. Die zweite Schlucht ist nur 1 km breit und 850 m tief.

***) Süss, S. 741. „Auf diesem 600—700 km breiten Gebiete (der Basin Ranges) erheben sich zahlreiche, zumeist kürzere, mehr oder minder meridionale und auf eine sonderbare Weise vereinzelte Gebirgszüge aus einer flachen Wüste. Ihre Abhänge sind weit hinauf vom eigenen Schuttland bedeckt. . . Salzwüste oder öde Steppe breiten sich zwischen diesen Ketten aus". Die amerikanischen Geologen nennen — nach Süss, S. 174 — als bezeichnend, ja als bedingend für den Bau des Kolorado-Plateaus die gänzliche Abwesenheit jener horizontal wirkenden Kraft oder Spannung, welche Kettengebirge mit

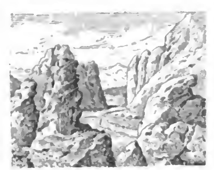
zähligen, süd-nördlich gerichteten Rillen und Felsgebilden (Fig. 93 Wyoming, Fig. 94 und 95 Utah-Pass mit dem Garten der Götter, Fig. 96 und 97 Yosemitetal — Staffeltal — und „Glacier Point" dortselbst) aus und hinterliess den Grossen Salzsee, die bekannten Bonneviller Terrassen*), sowie, als Zeichen des Kampfes mit dem aus der Sierra Newada und dem Felsen-Gebirge stammenden Eis, die Ablagerungen der Kolorado-, Mohave-, Ralston-, Great



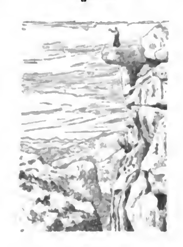
Figur 93.



Figur 94.



Figur 95.



Figur 97.



Figur 96.

alpinen Merkmalen erzeugt. Alle (dort beobachteten) Sprünge sind von sehr geringem, einzelne wahrscheinlich von postquarternärem Alter. Die vorhandenen älteren tertiären Schichten werden von all' diesen Brüchen durchschnitten, die als „Tafelbrüche" bezeichnet und am Roten Meer, im Jordantal und an der syrischen Küstenlinie beobachtet werden. (Derartige Tafelbrüche wären nach vorstehendem gleichbedeutend mit Durchstanzungen oder glatten Durchbrechungen der Gesteinschichten).

*) Die Bonneviller Terrassen liegen 330 und 200 m über dem heutigen Spiegel des Grossen Salzsees, sie lassen sich in das Tal des Redrock-Passes hinein verfolgen und sind wohl sicher auf Eiswirkung zurückzuführen.

American-and Snake River-Wüsten, insoweit diese Absätze salzige Beschaffenheit haben. Der zweite westliche Teil des kalifornischen Südpolargletschers wurde über den Tejon-Pass*) in das kalifornische Längental gepresst. Ob dieses eigentümliche Tal auf die Ausfurchung durch den Südpolargletscher zurückzuführen oder als Schlagrinne der Gletscher der Sierra Nevada aufzufassen ist, wird sich am Tejon-Pass und an den Eisübertrittstellen bei S. Franzisko unschwer entscheiden lassen.

Der Hauptteil des Südpolargletschers glitt an der Westküste weiter. Nordwärts der Grenze zwischen den Vereinigten Staaten und Kanada ändert sich die Gestalt der Küste vollständig; sie erhält bei *Kolumbia* das Aussehen der norwegischen und zeigt reiche Fjordbildung mit vorgelagerten Inseln**). Bei der Entstehung dieser stark zerklüfteten Küste waren wohl verschiedene Eisströme tätig, einesteils die örtlichen Gletscher des Felsen- und Kaskadengebirgs, andernteils südpolares Eis, welches infolge des bei Kamschatka ausströmenden Nordpolareises, sowie der sich keilförmig nähernden Festländer von Amerika und Asien mehr und mehr zusammengepresst wurde, und schliesslich wohl auch eine über Alaska hinweg, etwa die das Jukontal aufwärts geschobene nordpolare Gletscherzunge.

Die Fortsetzung des Südpolarstroms bis zur Halbinsel *Alaska* und dessen Umbiegung in West- und Südwest-Richtung ist wohl nicht unmöglich.

Die Inselgruppen des Stillen Ozeans, die nach Gesteinsarten so sehr verschieden sind, bieten, im Verein mit den noch ungenügend bekannten Tiefenlinien dieses Meers, der weiteren Forschung ein ungeheuer reiches Arbeitsfeld. Die grössten Tiefen (8000—9000 m) des Stillen Ozeans, der als Kampfplatz gewaltiger Eismassen zu betrachten ist, entsprechen wohl den gewaltigen Umbiegstellen der Gletscherströme, während an solchen Orten, wo Inselgruppen erhalten blieben, die einander teilweise entgegenwirkenden Kräfte des Eises sich annähernd das Gleichgewicht gehalten haben müssen (vergl. S. 48, 70, 75)***).

---

*) In der Verlängerung des kalifornischen Meerbusens bezw. des Unterlaufs des Kolorado liegt das durch den 1168 m hohen Tejon-Pass erreichbare kalifornische Längental zwischen der Sierra Newada und der Coast Range. Es hat seinen tiefsten Punkt in der eigentümlichen Bucht von S. Franzisko; nach diesem Punkt fliesst von Süden der Joaquinfluss, in dessen Quellgebiet mitten im Längental der als Wannenrest aufzufassende Tulare-See liegt und von Norden der Sakramentofluss.

**) Vom 44.—47. Grad nördlicher Breite erscheint längs der Westküste ein zweites Längental, das zwischen der Coast Range und den Cascade Mountains eingebettet ist. Besonders eigentümlich ist der Uebergang der Coast Range in die Vancouver Insel und die anschliessende Inselreihe, sowie der Auslauf des Längentals in die Meerstrasse zwischen dem Festland und den vorgelagerten Inseln.

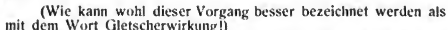
***) Neumayr war der erste, der das ehemalige Vorhandensein eines „Sinoaustralischen Kontinents“ d. h. einer in das erdgeschichtliche Zeitalter des Tertiär reichenden Landbrücke zwischen Ostasien und Australien behauptet hat. Vor allem zwingen aber auch in diesem Gebiet (vergl. Anmerkung S. 77) die Tatsachen der Tierverbreitung zu der Annahme einer solchen Festlandverbindung. „In der tertiären Epoche selbst mag sich die Landbrücke bereits gelockert haben und unregelmässig geworden sein; wahrscheinlich

3. Teil im Indischen Ozean.

Aus den auf S. 90 angegebenen Gründen soll auch hier nur auf die Westseite des in Betracht kommenden Eisstroms und vor allem auf die Aehnlichkeit hingewiesen werden, welche die Südküsten Afrikas und Vorderindiens einschliesslich der Inseln Madagaskar und Ceylon zeigen*). Beide Festländer stellen sich durch ihre nach Süden zugespitzte Form, die sich

---

traten damals in jenem Gebiet starke Veränderungen ein, die häufig zur völligen Auseinanderreissung des Landes führten. Mit einem Wort: es bereitete sich der heutige Zustand einer zerrissenen Inselwelt vor."



(Wie kann wohl dieser Vorgang besser bezeichnet werden als mit dem Wort Gletscherwirkung!)



Figur 98.


Figur 99.

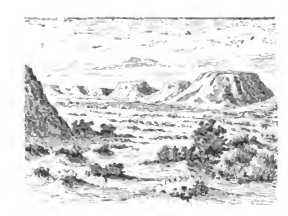


Figur 100.

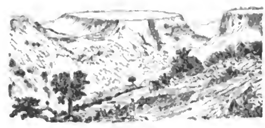
Nach den Untersuchungen der Gebrüder *Sarasins* (Paul und Fritz, Forschungen in Celebes, Globus Bd. LXXXVIII, 1905, Seite 362) begann auf der Insel Celebes die Auffaltung der Gebirge zur Miocänzeit. Die Verbreitung der Pflanzen und Tiere spricht für eine Landverbindung mit den Philippinnen, Neuguinea und Australien. Die Landbrücken, die wahrscheinlich auch der Mensch noch benützte, wurden mit dem Ende der Pliocänzeit oder zu Beginn des Pleistocäns allmählich aufgelöst. Die Insel ist von bis zu 1400m hohen Gebirgsketten, die von Südost nach Nordwest streichen, durchzogen. In den Mulden, etwa 500m hoch, liegen Seen mit 200—300m Tiefe. Meer und Regen (?) haben allerlei eigenartig geformte Gebilde aus dem Kalkstein herausgearbeitet: Pilzartig aussehende, zugespitzte Pyramiden, deckelförmige Platten, wie Gletschertische (!) auf dünnen Stielen ruhend, dolmenartige Figuren. Inmitten einer flachen Ebene erhebt sich der Bulu Selimbo (Fig. 98), ein fast vollkommen halbkugeliger Felsen, um dessen Fuss ringförmig eine Hohlkehle lauft. Ob diese noch Zeuge der pleistocänen Abrasionswelle ist, oder durch grosse Süsswasserüberschwemmungen gebildet wurde, lässt sich nach Ansicht der Verfasser nicht entscheiden. (Die in dieser Beschreibung aufgeführten eigenartigen Felsengebilde weisen deutlich auf Eiswirkung hin. Der Bulu Selimbo ist ein letzter Rest der zur Günzeiszeit abgetragenen Fläche und die ringförmige Hohlkehle an seinem Fuss wurde von mindeleiszeitlichen Zungen ausgehobelt. Die Richtung des Eisschubs wird durch die Streichung der Gebirge und Seen von Südost nach Nordwest gekennzeichnet. Hienach stellt sich die Abtragung und Zerlegung der Insel, sowie ihrer vollständigen Abtrennung vom australischen Festland als Werk der Südpolarströme dar. Die eigentümliche Form des Eislands hat merkwürdige Aehnlichkeit mit den Flächenresten, die beim Abtrag der Schwäbischen Alb im oberen Filstal (vergl. S. 34 ff.), stehen geblieben sind. Zieht man in Figur 50 die 700m Höhenlinie und denkt sich das Wasser bis zu dieser Grenzlinie aufgestaut, so entsteht Figur 99, die mit ihren abgeschnürten Insel- und Halbinselbergen lebhaft an Celebes (Figur 100) erinnert.)

*) Süss, S. 535. „Aus der Tiefe des Ozeans ragt mit allen Merkmalen eines Horstes die grosse Insel Madagaskar hervor."

Nach Süss, S. 532. Die Höhe des Hochlands beträgt beiläufig 1500m. Es liegt nach Ost und nach West durch schroffe Abstürze begrenzt. Die Wasserscheide liegt ganz in der Nähe des östlichen Randes. Der Ostabsturz ist in 3 Stufen geteilt, die sich im Norden vereinigen; an der Vereinigungsstelle liegt ein grosser See! (Schlagloch). An dem Steilrand erscheinen mächtige vereinzelte Tafelberge, die gewaltige natürliche Festungen bilden; weiter südlich fällt der Ostrand in einer einzigen grossen Stufe 800m tief herab; in der Nähe der südlichen Ecke erhebt sich ein hoher vereinzelter Granitberg. Der westliche Rand ist im Norden in 4 Stufen geteilt; doch ist der Absturz auch hier weiter südlich zu einer einheitlichen Höhe von mehr als 800m vereinigt. Die Ströme des Hochlands



Figur 101.



Figur 102.

mit Hilfe von Tiefenkurven noch weit ins Meer hinein verfolgen lässt, als Eisbrecher grössten Stils dar, durch welche der südpolare Gletscherstrom jeweils geteilt wurde. Der Kanal von Mozambique und die seichte und schmale Palkstrasse mit der Adamsbrücke stellen Eisübertrittstellen dar, welche der Gletscherstrom im Lauf der Zeit so ausfurchte und vertiefte, dass Madagaskar und Ceylon vollstäudig von ihren Festländern getrennt wurden; da jedoch der Abfluss durch die Stauwirkungen des Nordpolar- und Himalaja-Eises beeinträchtigt war, konnten die Eisrinnen sich nicht weiter ausbilden, so dass die genannten Inseln erhalten blieben. Weitere Ähnlichkeiten zeigen die beiden Figuren 101 und 102, die den Flächenabtrag aufs anschaulichste verdeutlichen. Die eine Figur stellt das Cradockgebiet mit den Tafelbergen des Kaplands, die andere die West-Ghats bei Kandalla in Vorderindien vor. In die wohl wahrscheinlich zur Günzeiszeit von ihren Ueberlagerungen befreite Hochfläche furchten die Zungen der Mindeleiszeit mächtige Rillen ein, die sich auf Kosten der Hochebene mehr und mehr erbreiterten und vertieften und die Hochfläche in Einzelberge auflösten.

Der südliche Teil der Ostküste von Afrika zeigt ähnlich der Westküste (S. 83), auf seine ganze Länge die Abhobelung des Südpolareises. Auch die Insel Madagaskar weist mit ihrem beiderseits abgefasten, von

---

stürzen in grossen Wasserfällen über diese Stufen (in das zerstörte, übertiefte Haupttal) herab. Die Flächen der breiten Zwischenstufen im Osten sind mit einer mächtigen Lage von rotem Ton bedeckt, in die das Wasser tiefe Furchen zieht.

Süss, S. 516 und ff. Hienach ist ein bedeutender Teil der Oberfläche der ostindischen Halbinsel durch Abwaschung entblösst. Die vollständige Unabhängigkeit des heutigen Verlaufs der indischen Hochgebirge von der uralten Faltenrichtung wird ganz besonders betont. „Obwohl die Halbinsel Berge von beträchtlicher Höhe umfasst, gibt es mit Ausnahme des uralten Arvaligebirgs im NW. dennoch keinen einzigen Höhenzug auf der Halbinsel, welcher in seiner Richtung durch das Streichen der Felsarten bestimmt wäre. Alles ist gebrochenes, von der Denudation durchnagtes Tafelland.“ Mächtige Denudation ist über Indien hingegangen; in den Gondwanaablagerungen kommen kleine Steinchen und Blöcke bis zum Gewicht von 30 Tonnen vor. Mehrere Geologen haben sich für den Transport dieser Steinmassen durch Eis ausgesprochen. Die Uebereinstimmung der tertiären Schichten Indiens mit denen Südafrikas ist allerorts sehr auffallend.

S. 774. „Andere uralte Faltenzüge treten durch die Zerstörung ihrer Decken noch in einigen Resten ihrer ursprünglichen Gestalt hervor, wie das Arvali-Gebirge in Ostindien.“

S. 519. „Die volle Unabhängigkeit dieser uralten Faltenrichtung von dem heutigen Verlaufe der indischen Hochgebirge mag hier betont sein.“

Süd nach Nord verlaufenden Gebirgszug deutlich auf die Wirkung und Richtung des Eisschubs hin. Die Höhe des Eisstands lässt sich im Süden aus den Wasserfällen des Sambesi und anderer ostafrikanischer Flüsse bestimmen. Der nördliche Teil der Ostküste verdankt seine Formen den durchs Rote- und Persische Meer zufliessenden Zungen, sowie insbesondere dem von Himalaja kommenden Indusgletscher. (Weiteres vergl. S. 113.)

Dem über das heutige *Vorderindien* hinweg vordringenden Teil des Südpolarstroms (vergl. Fig. 65 u. 82) warfen sich die Eismassen der Himalaja-Gletscher entgegen, die wohl kleiner als seine eigenen waren, aber unter beträchtlich höheren Druck standen. Die Folge war, dass das Himalaja-Eis an der breiten Wand des südpolaren Eisstroms abprallte und nach West und Ost ausbog, dabei die heutigen Tiefebenen des Indus und Ganges als Gleitrillen erzeugend. Allein auch der südpolare Strom, der durch das der Westküste entlang streichende Gebirge des West-Ghats in einen westlichen und östlichen Zweig geteilt wurde, erlitt durch den Anprall Störungen. Der westliche Zweig hatte die buchtenlose Westküste Vorderindiens abgehobelt, wurde aber nun — infolge des durch den abgelenkten Himalaja-Gletscher erzeugten Gegendrucks, sowie des zunehmenden seitlichen Drucks, der durch die dem Roten- und Persischen Meer entströmenden Zungen auf die Eismassen des Indus-Gletschers und daher mittelbar auf ihn ausgeübt wurde —, durch die von ihm geschaffenen Buchten von Kambay und Katsch in das westliche Hindostan eingedrängt und legte dort die Ablagerungen der indischen Wüste Tharr als Endmoräne nieder. Der östliche Zweig breitete sich über Deckhan aus, gab dort, mehr und mehr durch die dem Himalaja entströmenden Eismassen gestaut, Anlass zur Bildung der ausgedehnten Seenplatte der südlichen Ostküste, höhlte den Bengalischen Meerbusen aus und zwang die den Tälern des Ganges und Brahmaputra entströmenden Himalaja-Gletscher das von Birma über die Andamanen und Nikobaren

Süss, S. 535. „Der Gedanke an den einstigen Zusammenhang von Südafrika und Ostindien ist schon bei der Erkenntnis der ersten Grundzüge ihrer Beschaffenheit hervorgetreten, und er hat die Unterstützung der ausgezeichnetsten Kenner beider Länder, wie Stow in Afrika und H. F. Blanford und Griesbach in Indien, bereits vor Jahren gefunden. Mit Recht frägt Stow im Angesicht der mächtigen Schichtenköpfe von Karoo-Sandstein, welche an so vielen Stellen frei dem Meere zugekehrt sind, wo denn die Umrahmung des weiten Beckens sei, in welchem sich diese Tausende von Fussen pflanzenführender Sandsteine gesammelt haben. . . . Auf einem ganz anderen Wege, nämlich durch die Vergleichung der Verbreitungsgebiete heutiger Lebensformen sind hervorragende Zoologen zu der Hypothese von dem Bestande eines Kontinents an der Stelle eines grossen Teils des westlichen Indischen Ozeans gelangt, und es wurde diesem versunkenen (?) Festland der Name „Lemuria“ gegeben. Andere Zoologen haben diese Annahme verworfen, und die beträchtliche, vielfach unter 2000 - 3000 Faden sinkende Tiefe des Meers in der Nähe von Madagaskar wurde als ein wesentlicher Grund gegen dieselbe angeführt.“ Dieser Grund ist nicht stichhaltig; die ausserordentliche Tiefe gibt vielmehr nur Zeugnis von den ungeheuren Kräften, die bei der Spaltung des südpolaren Eisstroms durch den Keil: Kapland-Madagaskar entstanden (vergl. oben). Das Festland „Lemuria“ ist nicht etwa versunken, sondern vom Eis abgetragen worden, in gleicher Weise wie die im Stillen- und Atlantischen Ozean vermuteten Festländer.

nach Sumatra streichende Gebirge zu durchbrechen und sodann, gemeinsam mit den Irawadi- und Saluenzungen, das Becken zwischen Andamanen und Hinterindien auszukolken, entlang der hinterindischen Westküste weiter zu fliessen und schliesslich bei Malaka auf's neue durchzubrechen. (Weiteres s. S. 79). Die Einnagung der zur Ostküste Vorderindiens fliesenden Gewässer in die flach sich abdachende Küstenebene ist somit erst zu Ende der Mindeleiszeit erfolgt.

III. Alpengletscher.

In der Tertiärzeit fanden infolge der fortschreitenden Abkühlung und der damit in Verbindung stehenden Schrumpfung des feuerflüssigen Kerns der Erde an vielen Stellen mächtige Bewegungen statt. Hiebei ist das über den Kern nach und nach, hauptsächlich durch Meere, abgelagerte Schichtengewölbe teilweise geborsten und eingesunken, teilweise unter ungeheuren seitlichen Drücken, die von stehengebliebenen Urgebirgsmassiven ausgingen, gefältelt worden. Dieser Faltung verdanken die *Falten- oder Kettengebirge* ihre Entstehung. Als gemeinsame Ursache der Senkung und Faltung ist zweifellos die Schwerkraft zu betrachten. Diese Vorgänge sind in den klassischen Arbeiten von Süss, A. Heim, Neumayr u. a. auf's genaueste beschrieben (vergl. Fig. 148).

Ein solches in der Hauptsache west-östlich streichendes Faltengebirge sind in Mitteleuropa die *Alpen und Karpathen.* Diese beiden, wohl ursprünglich zusammenhängenden*) Gebirgszüge, die heute durch den Lauf der Donau in zwei Teile geteilt sind, zeigen manche Aehnlichkeit. Die beiden Zugrichtungen sind in scharfem Bogen nach Norden ausgebogen und in der Nähe des Mittelpunkts der beiden mächtigen Bögen, somit im Süden jedes Gebirgs, liegt je ein ausgedehntes Tiefland, die oberitalienische und ungarische Ebene. Beide bildeten, wie aus den Ablagerungen hervorgeht, zur Tertiärzeit Meeresbecken und wurden wohl gegen das Ende dieses Zeitraums trocken gelegt. Desgleichen befanden sich auf der Nordseite beider Gebirge, deren bogenförmiger Gestalt angepasst, ebenfalls zwei tertiäre Meere in Halbmondform. Das eine reichte von Genf bis Wien seine frühere Grenze im Norden wird auf eine längere Strecke von dem

*) Süss S, 285. Die Leitlinien des Alpensystems.

heutigen Oberlauf der Donau bezeichnet, während das andere heutzutage keine so scharfen Grenzlinien mehr aufweist, sondern sich allmählich in die russische Tiefebene verliert (vergl. III. B. Einleitendes).

Eine naturgemässe Folge der kräftigen Emporstauchung der — früher noch beträchtlich höheren — Faltengebirge war eine Zunahme der Niederschläge auf denselben, eine allmähliche Verfirnung der zwischen den Falten gelegenen Furchen und schliesslich eine Abfuhr des Firns in Form von mächtigen *Gletscherströmen* (vergl. Fünfter Abschnitt, Anfang, A). Da der Abfluss der Eismassen — von örtlichen Hindernissen abgesehen — ausserhalb der Fältelung, also im Vorland, senkrecht zu der Richtung der Falten erfolgte, so erklären sich wohl die mächtigen Auskolkungen im Süden der beiden Gebirge aus dem Umstand, dass dort die Gletscherzungen strahlenförmig von allen Seiten zusammenliefen. Der verhältnismässig geringe Abtrag am Nordfuss der Ketten wird dagegen darauf zurückzuführen sein, dass hier einesteils die Strahlen auseinanderliefen, also einen breiten Raum zur Verfügung hatten, und dass andernteils der Abfluss wegen der gegenstauenden nordpolaren Eismassen nicht frei erfolgen konnte, wodurch die Geschwindigkeit und damit auch die Abtragung stark beeinträchtigt wurde.

Bezüglich der gewählten *Bezeichnungen* ist zu bemerken, dass entsprechend der grösseren Ausdehnung Höhe und Bedeutung der Alpen gegenüber den Karpathen — die auch bloss als Ausläufer der ersteren angesehen werden können — die ganze Gletschertätigkeit dieser Gebirge unter dem Sammelbegriff „Alpengletscher“ zusammen gefasst ist. Wenn sodann zwischen süd- und nordalpinen Gletscherströmen unterschieden wird, so ist selbstverständlich, dass diese Teilung nicht streng durchgeführt werden kann. Sie ist vielmehr dahin aufzufassen, dass unter „Südalpiner Gletscher“ in der Hauptsache diejenigen Eismassen aufgeführt werden, die in das Mittelländische Meer flossen, während die der Nord- und Ostsee, sowie dem Atlantischen Ozean zuströmenden Teile unter „Nordalpiner Gletscher“ abgehandelt werden sollen.

A) SÜDALPINER GLETSCHER.

Für den Verlauf der südalpinen Gletscherströme ist das *Mittelländische Meer*, dessen voreiszeitliche Ausdehnung hier nicht näher untersucht werden soll, von einschneidenster Bedeutung. Nach dieser grossen Senke strömten alle diese Eiszungen, dort stritten sie miteinander um den Platz und dort spielte sich insbesondere auch der grosse Kampf mit dem im Südwesten eingedrungenen südpolaren, sowie im Nordosten zufliessenden nordpolaren Eis ab. Die ganze heutige Gestalt des Mittelmeeres ist durch diese Kämpfe bedingt. Der Zufluss des Alpeneises erfolgte vom Löwengolf bis zum Aegäischen Meer, die Strömungsrichtung der vereinigten Eismassen drängte

nach der ägyptischen Ecke und so erfolgte auch dort schliesslich der Abfluss durch das Rote Meer und das Niltal.

Den geänderten Verhältnissen entsprechend soll hier die bisher eingehaltene *Reihenfolge* von Ost nach West aufgegeben und im Westen begonnen werden.

1. Zufluss zum Mittelmeer.

a) Französischer Teil.

Die westlichste der südalpinen Eiszungen brach durch den *Löwengolf* ins Mittelmeer ein. Die Einbruchsstelle zeigt — neben der nach rückwärts eingezogenen Linie — etwa von Montélimar an auch die früher besprochene halbtrichterförmige Erweiterung (s. S. 15) in schönster Ausbildung.

Das zur Günzeiszeit von den Berner Alpen nach der Zentral- und Westschweiz abgeflossene Eis traf die dortigen mehrere hundert Meter mächtigen tertiären Ablagerungen wohl in der ungefähren Höhe des heutigen Schweizer Jura an und höhlte nach und nach diesen Teil der Schweiz aus, wobei die Schlagrinne des mittleren Aaretals mit dem Bieler und Neuenburger See als Tiefstpunkten vorbereitet wurde. Da dieses Tal ungünstige Querlage zum Eisabfluss hatte, floss nur ein Teil aareabwärts, ein weiterer kleiner Teil brach sich bei Genf eine Gasse nach Süden, die Hauptmasse aber staute sich an den härteren Schichten des Jura, floss schliesslich darüber hinweg, schob dabei die obenliegenden tertiären Ablagerungen bis auf kleine, auf den Sohlen der Falten heute noch liegenden Reste ab, liess in denselben seinerseits quartäre Geschiebe zurück und bohrte jenseits des Jura bei seinem Absturz in den dort ebenfalls vorhandenen weichen tertiären Schichten eine weitere Schlagrinne, das *Saonetal* aus (vergl. Fig. 35, 117 u. 126). Bevor jedoch das Eis von hier nach Süden abfliessen konnte, ging es seiner bisherigen Richtung entsprechend weiter, drang in den Niederungen zwischen den Südvogesen, den Bergen von Faucilles, der Hochebene von Langres, der Cote d'or und den Bergen von Charolais und Lyonnais zur oberen Mosel, Maas, Seine und Loire über*) und gab, im Verein mit dem über die Vogesen und die Hart geschobenen Eis (vergl. III B Einleitendes u. III B 1 a) — infolge des durch den Nordpolarstrom ausgeübten seitlichen Drucks, — der Seine, die wie der Oberlauf der Täler der Yonne, Seine, Aube, Marne, Aisne anzeigt, früher wohl aus mehreren nördlich gerichteten Querflüssen bestand, den heutigen nordwestlichen Lauf. In ähnlicher Weise scheint auch der Lauf der Loire gewendet worden zu sein. Der Abnahme der Eismassen entsprechend weicht die Schlagrinne der oberen Saone allmählich gegen den Kern der Alpen in das Tal des Ognon sowie des unteren, südwestlich

*) Die Schiffahrtskanäle: Ostkanal, Kanal von Burgund und du Centre folgen solchen Eisübertrittstellen.

gerichteteten Doubs zurück und löst sich schliesslich zu Ende der Mindeleiszeit in zwei Rinnen, nämlich in das Tal des oberen, nordöstlich fliessenden Doubs und in das südlich streichende Aintal auf, das östlich von Lyon in die Rhone mündet.

Gleicherweise trafen zur Günzeiszeit die den Grajischen, Cottischen und Meeralpen entstammenden Gletscher hoch über dem heutigen unteren *Rhonetal**) ein, bildeten dieses Tal mit der Zeit zur Schlagrinne aus, drangen zwischen der Cote d'or und den Cevennen gegen Loire, Dordogne, Lot u. a. vor, erzeugten im Kampf mit den aufstauenden parallelen Eisströmen die Seenplatte bei Lyon und mit dem nordpolaren Eis (vergl. S. 73) die Seenplatten südlich von Orléans, wurden unterwegs wohl noch durch örtliche Vergletscherungen der Auvergne verstärkt und wandten sich schliesslich, durch den Nordpolarstrom abgelenkt, nach Westen. Dem Stau der hohen Auvergne ausweichend, bewegte sich ferner eine Hauptzunge über dem heutigen Rhonetal in dieser mehr und mehr sich vertiefenden Schlagrinne gegen Süden. Dort wurde sie durch weitere aus den Alpen zuströmende Gletscherteile wiederholt gestaut — bei der Durance z. B. lassen sich Uebertrittstellen und Inselberge, Riegel (Chaine des Alpines) und Wannen (Etang de Valcarès und de Berre) unschwer nachweisen — und teilweise nach Westen gedrängt, wo sie über die Cevennen zur Garonne ausbrach.

Mit der Zeit vereinigten sich das *Saone- und Rhonetal* zu einer einzigen gewaltigen Schlagrinne und die zunehmende Vertiefung und Erbreiterung befähigte allmählich diese Rinne sämtliche Zuströmungen aufzunehmen, so dass der Uebertritt zur Seine, Loire und Garonne nach und nach aufhörte und wohl wahrscheinlich schon während der Mindelseiszeit alles westalpine Eis in den Löwengolf abfloss.

b) Italienischer Teil.



Figur 103

Die vom Südabhang der Alpen dem obengenannten tertiären Meeresbecken (heutige Poebene und teilweise Adriatisches Meer) zuströmenden Eismassen fanden zunächst westlich und östlich von Italien ihren Abflus und zerfallen daher, je nach ihrer Einmündung ins Mittelmeer in verschiedene Zungen (s. Fig. 103 und 106). Dieser Zustand dauerte indes nur solange an bis gewisse hemmende Riegel (s. u.) durchbrochen waren. Von diesem Zeitpunkt an floss wahrscheinlich alles Eis durch die Adria ab. Es ist also im folgenden nötig, die

*) Die Bildung des Genfersees und des Rhonetals von Genf bis Lyon, dessen Richtungsverhältnisse ganz wesentlich vom Isèregletscher beeinflusst wurden, fällt in der

zwei Zeiträume vor und nach dem Durchbruch der stauenden Riegel auseinander zu halten.

Zu Beginn der Günzeiszeit, also vor Durchbruch der Riegel mögen die Verhältnisse etwa so gelegen sein:

Die Sohle des ungefähr 800 m hoch gelegenen, somit wesentliche Teile des heutigen Apennin noch umfassenden *Meeresbeckens*, das wohl zu Ende der Tertiärzeit trocken gelegt wurde, war von verschiedenen Gebirgszügen durchzogen, die von Nord nach Süd laufen, somit der nord-südlichen Umbiegung der Westalpen parallel sind und daher vielleicht auch im Zusammenhang mit diesen letzteren, d. h. im Verlauf der grossen Gebirgsfaltung überhaupt entstanden sein dürften. Die Reste dieser mit der Zeit von den Eismassen durchbrochenen Rücken sind noch deutlich erkennbar. So findet sich bei Turin in der Ebene ein noch nicht abgetragener Flyschrest in Form eines ganzen Gebirgsstocks, das Montferrat. Ein zweiter solcher Riegel scheint am Comersee*) anzusetzen und ihm entsprechend findet man ziemlich genau südlich davon zwischen Voghera und Piacenza eine bis an den Po reichende, vorgebirgähnlich in die Ebene vortretende Erhebung. Ein dritter Riegel endlich wird in dem von Verona (Vicenza) gegen Südost nach Este und Ankona ziehenden Randgebirge vermutet. Dass diese Vermutung richtig ist, zeigt der Umstand, dass dem durch den Riegel erzeugten Schlagloch nach Lage und Richtung die grossen versumpften Meeresbuchten südlich der Pomündung (Valli d'Ambrogio und di Comacchio) genau entsprechen. Den Abschluss des Meeresbeckens nach Süden bildete wohl der durch die Insel Lissa und den Monte Gargano angedeutete, ebenfalls nord-südliche Höhenzug. Endlich scheint auch die Enge von Otranto auf eine frühere Landverbindung hinzuweisen, wiewohl bei der völligen Abtragung kein ansetzender Gebirgszug mehr zu erkennen ist.

Der allgemeine Vorgang des *Eisabzugs* in Oberitalien dürfte sich somit nachstehend vollzogen haben. Zur Günzeiszeit bestanden die heutigen Querrisse der Alpen nicht. Das Eis füllte die etwa west-östlich streichen-

---

Hauptsache wohl in die Riss- und Würmeiszeit wenn auch die Wannen und Riegel der Ueber-Rhone vielleicht auch schon in früheren Eiszeiten vorbereitet worden sein mögen.

*) Süss, S. 353. „In den Südalpen trifft man weiter gegen West, etwa an der grossen Flexur der Maniva beginnend, ein zweites, das lombardische Senkungsgebiet, in dessen östlichem Teile, am Comersee auch eine südwärts überschobene Flexur bekannt ist. . .
So stehen also dem Apennin zwei Senkungsfelder (Wannen?) gegenüber, nämlich das lombardische und das adriatische. Bei Ankona, am Monte Gargano und in Apulien ragen Reste des gesunkenen Adrialandes (Reste von Riegeln) hervor. Wenn die früher gestellte Frage, wo denn eigentlich der von Verona gegen Südost nach Este ziehende Rand der Alpen seine Fortsetzung finde, eine tiefere Berechtigung besässe, wenn man überhaupt berechtigt wäre einen solchen einheitlichen Rand vorauszusetzen, müsste man sagen, dass diese Fortsetzung von Este in derselben Richtung gegen Südost an der Westseite des Monte Conera bei Ankona und weiter an der Westseite des Monte Gargano zu suchen sei“.

den Falten, die in dem Val Sugana östlich von Trient, im Val Tellina östlich von Colico, im Tal von Aosta u. a., wenn auch in stark vertieftem Zustand, noch erhalten sind, bis zum Ueberlaufen an und nun brachen die Gletscher längs des ganzen Südabhangs der Alpen in das alte Meeresbecken ein und wühlten die weicheren tertiären Ablagerungen auf. Die den Eismassen parallel gehenden, nordsüdlichen Riegel dienten den ersteren als Leitlinien und zeichneten ihnen den Weg genau vor. Dementsprechend mündeten die einzelnen Zungen teils bei Genua in den ligurischen Meerbusen, teils nach Ueberschreitung des Apennin ins Tyrrhenische-, teils nach Ausfurchung des Adriatischen ins Jonische Meer.

Die bei Genua mündende *ligurische Zunge* bestand aus zwei Armen, deren einer das den Westalpen entstammende Eis über Turin-Savona zubrachte, während der andere jenseits des Turiner Riegels vom Langen- und Luganer See zufliessende Arm die Gletscher der Penninischen und Lepontischen Alpen mit sich führte. Durch diese beiden Zungen wurde der Turiner Riegel derart abgeschliffen, dass er, sobald infolge Durchbruchs des weiter östlich gelegenen Rückens der Gegendruck von dieser Seite her aufhörte, unter dem Anprall des den Westalpen entstammenden Eises vollends durchbrach. Die Einbruchstelle am ligurischen Golf zeigt die Seite 15 beschriebene Einziehung und Erniedrigung der Gebirgskette des Appennin auf's schönste; das zugehörige Schlagloch wird durch den Golf selbst dargestellt. Dass der Eisübertritt an dieser Stelle schon verhältnismässig früh aufhörte*), beweist die geringe Abtragung, die der dortige Ausläufer der Apenninen erlitt, welcher heute noch als ansehenlicher Gebirgszug steil zum Meer abfällt.

Der *tyrrhenische Arm* setzte sich aus einer Reihe von Einzelzungen zusammen, die aus den Bergamasker und Ortler Alpen kommend, den Comer-, Iseo- und Gardasee ausfurchten und dann an vielen Punkten über die Apenninenkette wegflossen, so vor allem nördlich von Spezia, bei Pistoja**) am Arno- und Tiberursprung und weiter südlich an vielen anderen Stellen. Die meisten dieser Uebertrittstellen zeigen die eingezogene Wasserscheide wiederum deutlich an. Diesem Eis war der Austritt ins Tyrrhenische Meer

---

*) Bei längerer Dauer wäre die italienische Halbinsel zur Insel, bezw. zu einer Inselkette geworden.

**) Die etwa 35 km lange, 10 km breite toskanische Tiefebene zwischen Pistoja und Florenz stellt ein mächtiges Schlagloch vor, das aus weichen Kreide- und Tertiärablagerungen besteht und von quartären sogenannten „Sahariano"schichten umsäumt ist. Die bekannten Aussichtspunkte S. Miniato, Bello Sguardo u. a. sind Talbodenretse des Arno zur Mindeleiszeit. Der Durchbruch des Arno zwischen Florenz und Empoli ist von untergeordneter Bedeutung, er hätte sich ebensogut zwischen Pistoja und Monsummano vollziehen können. Monsummano-Pescia-Lucca stellt ein weiteres gleich grosses Schlagloch vor, von dem aus fächerförmig mehrere Uebertrittstellen von Eis nach dem Tyrrhenischen Meer münden, in welchen das Eis die Schichten der Liasformation westlich und südlich von Lucca in wilden, teilweise hoch gelegenen Schluchten durchbrach.

durch den hier abfliessenden Arm der ligurischen Zunge erschwert, weshalb es, entsprechend der Richtung des Oberlaufs vieler italienischer Flüsse, zum Abfluss längs der Apenninenkette genötigt war. (Weiteres s. S. 111).

Die *adriatische Zunge* bildete sich aus den mächtigen Eisströmen der Ostalpen. Ein Blick auf die Karte zeigt sofort wieder die Einbiegung in der Richtung des zufliessenden Eises sowohl bei dem Nordufer des Adriatischen Meers wie bei der umrahmenden Alpenkette. Der Hauptarm des Eises brach von Venedig bis Triest in breiter Front ein und glitt entlang dem Riegel Verona-Ankona weiter. Eine seitliche Zunge wurde über den Karst nach Fiume gesandt. Der Golf von Fiume ist somit Auskolkungsbecken der abfallenden Zunge. Die nördlichen dalmatinischen Inseln sind die sichtbar gebliebenen Kämme der früheren Trennungsrücken zwischen den Eisrillen, welche ihrerseits durch die heutigen Meerengen zwischen den einzelnen Inseln dargestellt werden. An der Stelle der Wiedervereinigung beider Gletscherarme süd-östlich von Ankona liegt die durch Tiefenlinien des Meeres aufs deutlichste ausgesprochene, 250 m tiefe nördliche Wanne. Zum Teil mag übrigens diese Tiefe auch auf den späteren Durchbruch der obengenannten Riegel zurückzuführen sein. Das Weiterfliessen des Eises war nun aber, wie schon oben bemerkt durch einen weiteren Riegel gehemmt. Der „Sporn des Stiefels" Italien, der Monte Gargano*) ist ein Teil dieses süd-nördlich gerichteten Riegels, der durch eine Mindertiefe in der Mitte

*) Auf Süss, Tafel V „die Beziehungen Europas zu Asien" sind der obere Teil des Adriatischen Meers, das Schwarze Meer, das Aegäische Meer, sowie der süd-östliche Winkel des Mittelmeers (etwa süd-östlich der Linie Alexandria-Beirut als „junge Einbrüche" (Eisausschaufelungen) bezeichnet.

S. 346. „In der Tat findet sich längs der italienischen Ostküste eine Reihe von Vorkommnissen, welche als Bruchstücke der eingesunkenen dalmatinischen Tafel aufgefasst werden können. Die erste dieser Schollen ist der Monte Conero bei Ancona. Das zweite, viel bedeutendere Stück ist das breite und vielfach gegliederte Vorgebirge des Monte Gargano (bei Foggia). Dasselbe erhebt sich in einzelnen Teilen über 1000 m, bricht steil gegen den Apennin ab und ist durch eine von jungen Meeresablagerungen erfüllte Niederung von demselben getrennt. Endlich sind hieher die ausgebreiteten Vorkommnisse von Kreidekalkstein zu rechnen, welche in den Murgien von Bari und unter den jüngeren Ablagerungen Apuliens bei Otranto hinaus bekannt sind. Der Gegensatz all dieser Strecken gegen den Apennin ist so gross, dass de Giorgi vorschlug, dieselben als ein besonderes orographisches System abzuscheiden. Zur Bekräftigung der Ansicht, dass hier ein Zusammenhang quer über die heutige Adria stattgefunden habe, macht Neumayr aufmerksam, dass nach Kobelt die heutige Landschneckenfauna des Monte Gargano nicht italienischen, sondern dalmatinischen Charakter an sich trägt. Es fehlt auch nicht an zahlreichen anderen Spuren des Zusammenhangs. In dem süd-östlichen Teile der istrischen Halbinsel liegen an der Ostküste sehr junge Massen von Sand über der bekannten terra rossa, welche sich von hier auf die kleinen westlichen Inseln Unie, die beiden Canidole und Sansego fortsetzen; Stache und Marchesetti haben dieselben in letzter Zeit untersucht und Marchesetti hat unter dem Sande von Sansego eine verhärtete Lage mit Schalen von lebenden Arten von Landschnecken aufgefunden. Diese Beobachter sahen hierin die Sedimente eines grösseren Stromes. Auf vielen Inseln erscheinen in Breccien die Reste grosser Landtiere; so ist kürzlich wieder von Neumayr und Woldrich das Vorkommen von Pferd, Bison, Hirsch und Rhinozeros auf Lesina als ein Beweis für den einstigen Zusammenhang dieser Insel mit dem Festland betont worden. Der merkwürdigste Fall dieser Art scheint das kleine Felsriff Silo unweit von der Südspitze der Canidole piccola zu sein. Nach Marche-

des Adriatischen Meers (Pelagosa 100 m), sowie durch die Lage der Insel Lissa gekennzeichnet ist. Die Folge des hiedurch hervorgerufenen Staus war einmal eine völlige Anfüllung des alten Beckens, so dass das Eis bei seinem Höchststand bis zu den höheren Gipfeln der apennischen Halbinsel und weit nach Bosnien und Albanien (Fig. 104 stellt eine Spalte bei Orosch vor, deren Entstehung durch Wasser vollständig unerklärlich ist) hineinreichte und infolge davon an vielen Stellen die Apenninen und insbesondere in zusammenhängendem Strom die Abruzzen überschritt und den tyrrhenischen Arm verstärkte*). Sodann aber wurde auch seitlich von dem stauenden Riegel ein Umgehungstal geschaffen, indem das gestaute Eis westlich vom Monte Gargano kräftig in die Halbinsel einbrach, diesen Berg von seinem nord-östlichen Verbande lostrennte und als Inselberg stehen liess und hernach süd-östlich abfallend den Golf von Manfredonia ausfurchte. Infolge des Abfalls der durch diesen Riegel gestauten Eismassen ist der südliche Teil des Adriatischen Meers tiefer ausgefurcht als der nördliche, nämlich bis zu rund 1600 m. Ein weiterer schmälerer Riegel bei Otranto, der auf 900 m Tiefe abgescheuert wurde, ist wohl nur wegen des Staus der Eiszungen aus dem westlichen Mittelmeer nicht auf grössere Breite beseitigt worden. Dieser Stau verursachte einerseits einen Uebertritt des adriatischen Eises über die von ihm nach und nach erniedrigte apulische Halbinsel und die Aushöhlung des Golfs von Tarent (gemeinsames Schlagloch der tyrrhenischen und adriatischen Zunge) und andererseits das Eindringen von Eiszungen in die Balkanhalbinsel, die Ausschachtung des Sees von Skutari und anderer Seen, sowie den Uebertritt nach Thessalien, die Ausfurchung des Golfs von Volo (gemeinsam mit dem



Figur 104.

setti liegt dieser Fels, dessen Oberfläche nur wenige Quadratmeter misst, so tief, dass er bei jeder höheren Flut ganz vom Meer bedeckt wird. Nichtsdestoweniger finden sich in seiner Breccie zahlreiche Reste grosser Wiederkäuer.“ (Auf dem Inselchen Pianoso erscheinen Hirschreste, ebenso auf Giannutri, das nur etwa 200 ha misst, Reste vom Hirsch und einem grösseren Wiederkäuer) S. 442. „Die Platte von Meeresbildungen, welche von Tarent aus ihre letzte Spur auf Pelagosa zeigt, ist wahrscheinlich von postglazialem Alter und die ganze Meeresstrecke nördlich von der Inselkette Lagosta-Pelagosa-Tremiti ist noch jünger als diese postglaziale Platte.“ (Alle diese Vorkommnisse erklären sich durch die Wirkungen des Eises ohne weiteres.)

*) Die parallel den Falten des Apennins verlaufenden Täler des oberen Arno, der Chiana, des Tiber u. s. w. sind Schlagrinnen des überfallenden Eises. So stellt z. B. der Monte Soratte nördlich von Rom den letzten rechtseitigen Rest des untersten Riegels vor, den das Tibereis stehen liess. Das an seinem Ausfluss nach dem heutigen Tyrrhenischen Meer durch Stau behinderte Tibereis glitt am Sabinergebirge weiter, gab dort Anlass zur Bildung von überaus mächtigen Lehm- und Travertinablagerungen, sowie von Wasserfällen (Tivoli, ebenso wie Terni in dem weiter oberhalb gelegenen Schlagloch von Narni) und wurde zwischen dem Sabiner- und Albaner Gebirge im Tal des Sacco weiter geschoben, wo es die schön abgerundeten Inselberge aus dem Kalkstein ausmodelte.

ungarischen Teil) und die Abtrennung Euböas vom griechischen Festland. Der mächtige Seitendruck, welchen die adriatische Zunge nach Ueberschreitung des Riegels von Otranto erfuhr, bewirkte eine Anpressung an die Westküste von Griechenland. Hiedurch wurden einerseits die Jonischen Inseln abgetrennt, andererseits die grossen Meerbusen von Arta und Korinth geschaffen. Durch die letzteren wurde das Eis in den Golf von Aegina*) gedrückt und über den Peloponnes hinweggeschoben, von dem aus es beim Abfall dessen Buchten, Vorgebirge und vorgelagerte Inseln aushobelte, so dass deren Richtung und Lage dem Zuge des adriatischen Gletscherstroms entsprechen.

Wesentlich anders gestaltet sich der Vorgang des Eisabzugs durch das Adriatische Meer nach dem Durchbruch der verschiedenen Riegel.

Mit der fortschreitenden Erweiterung und Vertiefung der Strasse von Otranto wurde schliesslich der Riegel des *Monte Gargano* durchbrochen. Infolge der dadurch entstandenen Erniedrigung des Eisstandes in der Adria brach auch der Trennungsrücken *Verona-Ankona;* vielleicht ist auf diesen plötzlichen Einbruch und die dadurch erzeugte Anpressung des Adriaeises an die süddalmatinische Küste der stärkere Angriff dieses Teils der Küste sowie die veränderte Lage und Richtung der süddalmatinischen Inseln gegenüber den norddalmatinischen zurückzuführen. Hernach brach sodann der Riegel von *Como-Voghera* und schliesslich der bei *Turin;* damit hörte allmählich das Ueberfliessen nach dem Tyrrhenischen und Ligurischen Meer auf und die Gesamtmasse des Eises von Triest bis Turin floss der Adria zu, wobei sich nach und nach alle in den Falten aufgestapelten Eismassen durch die neuerdings vertieften Querrisse entleerten und bei ihrem Ausbruch die Seen auszuhöhlen begannen. Dem Rückgang des Eises entsprechend, bildeten sich auf dem abgeschabten Nord- und Ostrücken des heutigen Apennin die zahlreichen Querrillen, die sämtlich senkrecht zum Gebirgskamm, also dem grössten Gefäll entsprechend, verlaufen.

Bei dem ganzen Vorgang ist zu bemerken, dass zwischen dem Durchbruch der einzelnen Riegel oft grössere Zeiträume liegen konnten und dass zu diesen *verschiedenen Zeiten* die Talböden und daher auch die Gletscheroberkanten verschieden hoch waren, dass die Wannen, in denen das Adria-

*) Süss, S. 387. „Ich gestehe jedoch, dass mir einige Zweifel darüber geblieben sind, welche Rolle bei dieser Gruppierung dem säugetierreichen roten Tone von Cucuron zufällt, welcher weder eine Meeres- noch eine reine Süsswasserbildung, sondern wie an vielen anderen Orten der Hauptsache nach eine subaërische, höchstens durch untergeordnete Wasserläufe gesammelte Mengen von terra rossa zu sein scheint, nämlich der Lösungsrückstand, welcher auf Kalkplateaux zurückbleibt, welche durch lange Zeit der Einwirkung der Atmosphäre ausgesetzt sind. So verhält es sich bekanntlich mit dem roten Ton des Karstes, mit den roten Breccien in den Kalkspalten vieler Mittelmeerinseln und wohl auch mit dem roten Ton von Pikermi bei Athen." (Alle diese quartären Ablagerungen sind auf Eiswirkung zurückzuführen.)

tische Meer gegenwärtig liegt, wohl erst ein Erzeugnis der (späteren?) Mindeleiszeit sind und dass daher die treppenförmigen Absätze und Terrassen*) der angeblichen tyrrhenischen, lombardischen und adriatischen „Senkungsfelder“ einfach den Trögen der verschiedenen Unterabteilungen im Eiszug entsprechen dürften. Der Riss- und Würmeiszeit, welche wohl keinen Einfluss mehr auf die Gestaltung der Adria ausübte, war es vorbehalten, die oben erwähnten Seen der Alpen auf ihre heutige Form und und Tiefe auszufurchen und die Schotter der Zentralketten an den Enden der Seen in Moränenwällen aufzuhäufen.

Die *Adria* stellt somit eine tiefe, durch Eisbewegung erzeugte Rille dar; sie ist ein ideales Beispiel für die Aushöhlung eines Meerbusens durch Eis, wobei das Eis den durch die vorhandenen Gebirge vorgezeichneten Leitlinien nicht gefolgt ist, vielmehr, unabhängig von diesen, benachbarte Gebirge überschritt, durchsägte und als Riegelreste stehen liess. Die beiden westlich von der Eisrille stehen gebliebenen Gebirgsstücke von Ankona und Gargano gehören nämlich nach ihrer Gesteinszusammensetzung nicht zum Apennin, sondern zu den dalmatisch-albanischen Gebirgsketten.

c) Ungarischer Teil.

In gleicher Weise wie am Südfuss der Alpen breitete sich südlich des Karpathenzugs ein altes Miocänmeerbecken aus, die heutige niederungarische Tiefebene. Naturgemäss lag die Sohle dieses Beckens dazumal ebenfalls noch wesentlich höher als heute. In diesem Becken trafen nun zur *Günzeiszeit* von drei Seiten her gewaltige Eismassen zusammen, von Westen aus den Alpen kamen die Gletscher der Sau und Drau, von Nordwesten der nordalpine Donaugletscher (vergl. III. B. 1. a), von Norden, aus der Tatra und den Karpathen, insbesondere der der Theiss und von Osten, aus dem siebenbürgischen Erzgebirge, sowie aus den transsilvanischen Alpen der des Maros u. a. Für diese mächtige Eisansammlung war im Südosten und Süden keine genügende Abflussöffnung vorhanden. Im Gegenteil stauten zur Erschwerung des Abflusses die überaus mächtigen Eismassen, die vom Nordpol her über Russland im Schwarzen Meer zusammengeflossen waren (vergl. S. 65) gewaltig donauaufwärts, was durch die aus dem Ende der Mindeleiszeit überkommene Stromschnelle des Eisernen Tors aufs deutlichste angedeutet ist. Diese Beeinträchtigung des freien Abflusses durch den Stau der nordpolaren Eismassen ist zweifellos

*) Süss, S. 19. „Man trifft an den italienischen Küsten die Linien einstiger Meeresniveaux in ungestörter Horizontalität an den verschiedenen zum Meere vortretenden Bruchstücken der Apenninen, da auf Kalksteinen dort auf den alten Felsarten Kalabriens, dort endlich an dem Aschenkegel des Aetna. Diese gänzliche Unabhängigkeit der alten Strandlinien von der Beschaffenheil der Gebirge ist an hunderten von Beispielen erweisbar.“ (Die Strandlinien sind gleichbedeutend mit Uferanschnitten der Gletscherströme.)

der Grund, weshalb der eben genannte Donaudurchbruch bei Orsowa nicht zur breiten Abflussrinne erweitert wurde. So stellt die niederungarische Tiefebene gewissermassen das Schlachtfeld vor, in dem die von drei Seiten eingedrungenen Gletscher um ihren gemeinsamen Abfluss kämpften, und die Ausdehnung und Tiefenlage dieser Ebene, wie die Menge der darin niedergelegten Zerreibungsrückstände bezeugt die Heftigkeit des stattgehabten Kampfes.*) Die höher und höher gestauten Eismassen suchten und fanden nun schliesslich durch die heutigen rechtseitigen Nebentäler der Sau und durch das heutige Tal der Morawa ihren Abfluss. Auf diese Weise vereinigten sie sich einerseits auf dem Weg über Bosnien und Montenegro mit den oben S. 105 beschriebenen, über Istrien ausgetretenen Adriazungen, dabei die heute vorhandenen Trockentäler und Abtreppungen in der Richtung nach dem Adriatischen Meer, die bisher wohl vielfach als Brüche, Flexuren**) bezeichnet wurden, ausfurchend und, wahrscheinlich beim Rückgang der Gletscher, die Klüfte und Spalten der dalmatinischen Quellen vorbereitend. Andererseits flossen die Eismassen über die Wasserscheiden der heutigen bulgarischen und serbischen Morawa nach Macedonien, wo sie die wildromantischen Felseninseln der thessalischen Klöster (Fig. 105), die Tiefebene der Salambria, die Golfe von Volo, Saloniki und Orfani, sowie die deutlich als Eisrillen sich kennzeichnenden Meerbusen von Chalkis***) ausschaufelten. Nunmehr verursachten aber das durch den Bosporus zuflies-



Fig. 105.

*) Wolf, geologisch-geographische Skizze der niederungarischen Ebene, Jahrb. der K. K. geol. Reichsanstalt, unterscheidet die diluvialen Randbildungen von den ihnen als gleichalterig betrachteten diluvialen Beckenbildungen.

Stur, Verhandl. der K. K. geolog. Reichsanstalt 1870, S. 211, trennt im Gebiet der Militärgrenze den hochliegenden Berglöss von dem Tallöss.

v. Petrino u. Paul, Verhandl. der K. K. Reichsanstalt 1873, S. 237, u. Leuz, ebendas. 1877, S. 187, bezeichnen als Blocklehm Ablagerungen von lössartigem Sand, die in der Bukovina und Ost-Galizien höher an den Hängen vorkommen, ziemlich fest sind und stets eine dunkle bis schwarze Ackerkrume liefern. Der Blocklehm scheint ziemlich unabhängig von dem Laufe der heutigen Flüsse verbreitet zu sein.

**) Süss, S. 344 u. 353, zählt im Karst, Kroatien, Dalmatien, Bosnien, Herzegowina, Montenegro, sowie auch in den Ostalpen und Karpathen eine grosse Zahl von „Senkungsfeldern“ auf, die wohl auf Eisaushöhlungen zurückzuführen sein dürften.

***) Nach Süss, S. 647, besitzt jede der drei Halbinseln der Chalkidike einen anderen Bau; dies zeigt, dass die Umrisse von der Beschaffenheit der Oberfläche unabhängig und durch Einsturz (Eisausfurchung?) bedingt sind.

S. 443. „Zu wiederholten Malen wurde die Ansicht ausgesprochen, dass noch in jüngster Zeit eine Landverbindung quer über das heutige Mittelmeer bestanden habe und das grosse Teile des Mittelmeers überhaupt nicht bestanden hätten.“ (Insbesondere soll das Schwarze und das Aegäische Meer, das quer auf die griechischen Falten eingebrochen sei, S. 648, ganz jungen Datums sein.)

S. 346. „Es ist aber heute noch sehr schwer, den Zusammenhang der Dinge näher

sende Nordpolareis, sowie einzelne Griechenland durchquerende Adriazungen einen mächtigen Aufstau. Die Spuren des Ringens und die Wirkungen der dabei freigewordenen Kräfte sind in den zerklüfteten Küsten von Kleinasien, Griechenland, Macedonien, sowie in der ganzen Ausfurchung des Aegäischen Meers mit seinen Inselgruppen klar erkennbar. Dieser grosse Archipel lässt sich auch auffassen als eine untergetauchte Seenplatte und bildet dann ein vollständiges Gegenstück zu den auch sonst beim Zusammenfluss verschiedener Gletscherströme beobachteten Seeauskolkungen (vergl. S. 49, 101 und III.B. 1 b), nur mit dem Unterschied, dass hier die Auskolkung soweit fortschritt, dass schliesslich das Meer einbrach und die trennenden Landteile nur noch als einzelne Inselspitzen übrig liess.

Zu Ende der *Mindeleiszeit* zeigen die umfangreichen Talerweiterungen der Drau zwischen Villach und Klagenfurt, der Sau bei Laibach, der Mur bei Graz u. a. die Kampfplätze an, auf welchen die gestauten Eismassen mit den aus den Obertälern herabfliessenden Gletscher-Strömen zusammenstiessen (vergl. S. 48).

2. Zusammenstoss über dem Mittelmeer.

Ueber dem w e s t l i c h e n T e i l des heutigen Mittelländischen Meers trafen nach früherem von Westen und Südwesten Ausläufer des Südpolarstroms, von Norden die Löwengolfzunge über Marseille, sowie die ligurische Teilzunge über Genua und von Nordosten die aus der Adria überfallenden Eismassen zusammen (Fig. 106). Aus diesen Strömungsrichtungen und den



Figur 106.

zu erfassen. So viel nur ergibt sich mit Sicherheit, dass die Zertrümmerung des Festlands stückweise und zu sehr verschiedenen Zeiten vorgeschritten ist, und dass sehr grosse Einbrüche dieser Art sich nach der glazialen Zeit ereignet haben."

S. 395. „So dürfen wir denn nicht bezweifeln, dass der östliche Teil Kleinasiens in später Zeit grossen Veränderungen der Bodengestaltung unterworfen war und dass das Mittelmeer einen grossen Teil dieser Gebiete einstens bedeckt hat."

damit verbundenen Aufstauungen erklärt sich die eigentümliche Form des westlichen Teils des Mittelmeers und das Stehenbleiben der dort gelegenen Inseln, wobei jedoch zu berücksichtigen ist, dass die Richtung der Eisströme zu verschiedenen Zeiten mehr oder weniger wechselte und dass die Lage der voreiszeitlichen Meeresufer und Gebirge selbstverständlich von gewissem, wenn auch nicht von durchlagendem, Einfluss auf das Weiterfliessen der Eismassen war.

Der *südpolare Strom,* der bei Gibraltar in südöstlicher Richtung eingedrungen war, wurde durch die Sierra Nevada und durch die aus dem Rhonetal kommenden Eismassen gestaut und in östliche Bahnen gelenkt, so dass er entlang der Nordküste Afrikas weiterfloss, in Sardinien — wie aus den vielen dortigen Salzseen gefolgert werden kann, die nicht nur an der Küste, sondern auch in höheren Lagen vorhanden sind — kleine Moränenreste niederlegte und schliesslich durch die sizilischen Strassen nach dem östlichen Teil des Mittelmeers durchbrach. Dem Aufstau ist es auch zuzuschreiben, dass die Strasse von Gibraltar nicht breiter ausgepflügt wurde und dass die Balearen und Pityusen nicht der vollständigen Zerstörung anheimfielen.

Das durch den *Löwengolf* anfangs hoch über dem heutigen Rhonetal hereingebrochene Eis, das seinerseits auch von Süden gestaut wurde, teilte sich offenbar in einen westlichen und östlichen Arm. Der westliche Arm hobelte die östlichen Teile der Pyrenäen bis zu 200 m Seehöhe ab, brach mit Macht über die nord-östliche Küste Spaniens herein, bildete im Verein mit dem Eis der Südpyrenäen, welches das Ebrotal*) und die Wanne von Zaragossa ausgekolkt hatte, den Montferrat (zersägten Berg), dessen Türme, Spitzen und senkrecht aufstrebende Wände in Europa — vielleicht mit Ausnahme der südtirolischen Dolomiten — ihresgleichen nicht haben, erhielt weiteren Zulauf aus den Tälern des Quadalaviar und Jucar und höhlte endlich die nischenförmige Bucht von Valencia als Wanne aus, deren zugehöriger Riegel durch die früher mit dem Kap Nao verbundene spanische Inselreihe **) gebildet wird. Der östliche Arm durchfurchte wohl in Gemeinschaft mit dem westlichen Teil der liguiischen Zunge die Strasse von Bonifazio und die Insel Sardinien und ging schliesslich unter der Einwirkung des südpolaren Eisstroms ganz in östliche Richtung über.

Die bei Genua eingebrochene *ligurische Zunge* teilte sich an dem Eisbrecher Korsika ebenfalls in einen westlichen und östlichen Arm. Ersterer

*) Der Ebro hat viele Stromschnellen, die jedenfalls durch talaufwärts geschobenes Eis entstanden sind; sein Tal hat zwei grosse Wannen, die teilweise Sandwüsten, also wohl Endmoränen des Südpolarstroms (vergl. S. 88) enthalten; die zugehörigen Riegel werden in Schluchten durchbrochen.

**) Da nach Süss, S. 443, das südlich vorgelagerte Formentera im Gegensatz zu den anderen Balearen aus einer jungen Landbildung besteht, so scheint der Riegel von Kap Nao über Ibiza, Mallorca und Menorca verlaufen zu sein.

wurde durch das Löwengolf- und südpolare Eis an die Westküste von Korsika und Sardinien gedrückt, erzwang sich den Eisübertritt durch die Strasse von Bonifazio — Fig. 107 stellt einen abgescheuerten Granitblock von dort vor —, vermochte dieselbe aber infolge Gegenstaus des östlichen Arms nicht zu erweitern, bildete weiter in Sardinien das von Oristano nach Cagliari in süd-östlicher Richtung streichende Umgehungstal aus und vereinigte sich schliesslich mit dem Südpolarstrom. Die östliche tyrrhenische Zunge durch den Riegel Elba-Korsika*) gestaut, breitete sich zur Zeit des Höchststandes über ganz Toskana, Umbrien und das Sabinerland aus und zog, von der Adria her mehr und mehr verstärkt, seiner Abflussrichtung entsprechende Längsfurchen (Arno-Chiana-, Tiber-, Garigliano-Tal u. a.) die sich bis zum Schlagloch von Tarent, Catanzaro u. a. verfolgen lassen. Auch wurden von ihm die über Mittelitalien, Calabrien**) und Sizilien lagernden Schichten gründlich abgeschoben. Dass die Meerstrasse von Messina nicht vergrössert und Sizilien überhaupt erhalten wurde, erklärt sich wohl wiederum nur aus dem Gegenstau fremden Eises, des Südpolargletschers. Der abnehmende thyrrhenische Eisstrom bildete sodann die für die Bewegung von Eis bezeichnenden hackenförmigen Meerbusen von Rapallo (mit Porto Fino) und Spezia (mit Porto Venere) aus, wobei die Vorgebirge die Richtung des Eisschubs angeben und die Busen selbst als kleine Schlaglöcher des abfallenden Eises zu betrachten sind. Die Knickstellen der Täler des Arno, des Tiber u. s. w. sind ebenfalls erst bei fallendem Eisstand entstanden; in ihrem Unterlauf waren sie vorher Querflüsse zu der heutigen Richtung (vergl. S. 20 und 41). Die Seen Mittelitaliens sind, soweit sie nicht vulkanischer Natur sind, ebenso wie die Wasserfälle (z. B. Terni) auf diese jüngeren Eiswirkungen zurückzuführen.



Fig. 107.

Ueber den **östlichen Teil** des Mittelmeers traf ein Büschel von fünf Eisströmen zusammen, die sich in der Fortsetzung in drei auflösten.

Die zwischen Sizilien und Tunis nach Osten vordringenden verhältnismässig schwachen Gletscherströme des bei Gibraltar eingedrungenen *Südpolareises,* die sich mit Teilen der Löwengolf- und ligurischen Zunge vereinigt hatten, erhielten zunächst von den südlich von Marokko und Tunis durch

---

*) Süss, S. 354, weisst auf einen früheren Zusammenhang von Korsika, Elba und Italien hin; nach S. 442 ist es „ein in jüngster Zeit zerstücktes Land, wenn auch der Zusammenhang der Teile dermalen nicht vollständig ermittelt werden mag. Zwar ist ein Teil des Einbruchs des westlichen Apennin und insbesondere der im nördlichen Toskana gelegene, beiläufig vom selben Alter wie der östliche Einbruch der Alpen, aber andere Strecken sind weit jünger und die Bewegungen dauern auch hier bis in die heutigen Tage“ (vergl. hiemit Anmerkung S. 108).

**) Süss, S. 305. „Es hat die Ansicht Boden gefasst, dass die wahre Fortsetzung der kalabrischen Gesteine auf Korsika zu suchen sei.“

die Kleine Syrte*) weiter eingedrungenen südpolaren Eismassen Verstärkung, wurden sodann aber durch die mächtigen Eismassen der über Calabrien aus dem Tyrrhenischen- und durch die Strasse von Otranto aus dem Adriatischen Meer ausfliessenden Gletscher derart an die Nordküste Afrikas gedrückt, dass sie durch die Grosse Syrte alsbald wieder ins Innere von Nordafrika liefen und den Rest ihrer Moränen, soweit er nicht in der westlichen Sahara liegen geblieben war, in der Libyschen Wüste niederlegten und zum Schluss ihrer Tätigkeit daselbst noch merkwürdige Felsenbildungen (s. Fig 108) schufen.

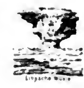


Fig. 108.

Der bedeutende *adriatisch-tyrrhenische Arm* furchte das Jonische Meer aus, wurde nun aber durch den Stau der südpolaren Eismassen in seiner Richtung um weniges gegen Ost-Süd-Ost abgelenkt und zwischen Kreta**) und dem Gebirge Barka an der Nordküste von Afrika durchgedrückt, um östlich von diesem Gebirge nach Nordafrika selbst einzubrechen.

Die *ägäische Zunge* floss wohl in der Hauptsache zwischen Kreta und Kleinasien ab. Einzelne Teile stellten auch zwischen dem Peloponnes und Kreta eine Verbindung mit dem Adriaeis her. Dass Kreta nicht vollständig abgetragen wurde liegt wiederum bloss an dem Gegenstau dieses Adriaeises (vergl. S. 70).

Verstärkt durch die *zwei kleinasiatischen Arme*, die vom Schwarzen Meer über Adalia und Adamia eindrangen, floss nun die ägäische Zunge in süd-östlicher bezw. südlicher Richtung gegen Aegypten zu und brach in dem Südosteck des dermaligen Mittelmeers einesteils durch die Niederung des heutigen Suezkanals über das Rote Meer aus und schob sich andernteils in Gemeinschaft mit dem adriatisch-tyrrhenischen Eis nilaufwärts durch die innerafrikanischen Seen bis zum oberen Kongo und gegen das Kapland.

3. Abfluss aus dem Mittelmeer.

Der eine Abfluss des Mittelmeereises erfolgte auf der heutigen Grenzscheide zwischen Afrika und Asien über Suez (vergl. Fig. 61 und 84).

*) Süss, S. 442. „In der Kleinen Syrte bildet eine junge Ablagerung von sandigem Lehm mit Bänken und losen Kristallen von Gips, den Kreidekalk überlagernd, auf weite Strecken den Boden. Sie enthält noch lebende Landschnecken und bildet landeinwärts beide Abhänge der Sebcha-al-Fedjadi. Es ist dies sicher keine Meeresbildung, dennoch taucht sie unter das Meer hinab und bildet im Angesichte von Sfax die Inselgruppe Kerkena."

**) Süss, S. 441. „Malta und Gorzo sind Fragmente von Horsten. Spratt, welcher sich so hervorragende Verdienste um die Aufhellung der physischen Geschichte des Mittelmeers erworben hat, meinte sogar, die *stürmische* Einfüllung der Reste von Landtieren in die dem Bruche von Malak benachbarten Spalten und Höhlen sei durch eine seïsmische Flut herbeigeführt worden."

Süss, S. 443. „Auf Kreta erscheinen in jungen Ablagerungen zahlreiche Reste von Hippopotamus; nicht nur auf Malta, sondern auch auf Sizilien und in den Höhlen und Spalten des Felsens von Gibraltar liegen die Spuren grosser Landtiere." . . . „Zahlreiche Formen von Tieren und Pflanzen verbinden Spanien, Sizilien und Italien mit dem nördlichen Afrika."

Südlich vom Gebirge Sinai vereinigte sich dieser Arm mit der von Norden zufliessenden Jordanzunge (vergl. S. 66) und furchte nun in Gemeinschaft mit dieser das Rote Meer der ganzen Länge nach aus.

Da aber die Stauverhältnisse am Südende des Roten Meers bei Aden den freien Abfluss der Eismassen in den Indischen Ozean nicht gestatteten (vergl. S. 95 und 115), so wurden die zwei Felsenriegel, die durch die Inselgruppen bei *Massaua* und durch die Strasse von *Bab-el-Mandeb* gekennzeichnet sind, nicht vollständig durchbrochen, sondern nach beiden Richtungen hin umgangen. Ein kleinerer Teil des Eises wurde auf das arabische Hochland geschoben und lagerte dort Moränenmassen ab, während der grössere Teil auf die afrikanische Küste austrat und am Fuss des von ihm abgescheuerten und verschmälerten abessinischen Hochlands weiter gegen Süden glitt.

Im weiteren Verlauf wurde dieses Eis durch den Schub des überaus mächtigen Indus-Satladsch-Gletschers (vergl. Fig. 87 und S. 97), welcher auch die Eismassen des Euphrat-Tigris-Gletschers (vergl. S. 66 und 96) zur Gefolgschaft gezwungen hatte und seinerseits durch das südpolare Eis in diese Abflussrichtung gedrängt worden war, zunächst am Ausfluss über die afrikanische *Somaliküste* gehindert. Durch diese eigentümlichen wechselseitigen Aufstauungen und Abflussveränderungen erklären sich die Abschürfung des heutigen östlichen Steilabfalls von Abessinien, die eigenartigen Mündungstellen des Roten- und Persischen Meerbusens, die ganze Auskolkung des Persisch-Arabischen Meers, die gegen Nordost gerichtete Eisbrecherform der Somalihalbinsel samt ihrer früheren, durch die Insel Sokotra angedeuteten Verlängerung, die Umknickung des Unterlaufs der dortigen Flüsse (Webbi, Juba, Tana u. s. w.) nach Süden, die Abschleifung der ostafrikanischen Küste vom 10. Grad nördlicher bis zum 10. Grad südlicher Breite, die riesige Einbuchtung der Küste bei Sansibar die unfruchtbaren Ablagerungen entlang dieses Küstensaums, sowie die unten (S. 115) des näheren geschilderte Umbiegung des Niltalgletschers gegen Südwesten.

Wenn sodann an Hand der neuerdings von Bornhardt über *Deutsch-Ostafrika**) gemachten Veröffentlichungen weiter Umschau gehalten wird, so fällt vor allem, die mehr als 10 Breitegrade lange, gegen Nordosten flachkonkave Landeinbuchtung auf, von der aus breite und tiefe Talsenkungen (frühere Mindeleiseintrittstellen, derzeitige Flusstäler) in südwestlicher Richtung ins Innere von Afrika führen (vergl. Fig. 65 und 87). Strandterrassen und plateauförmige Erhebungen von verschiedener Höhe geben die früheren Talböden, von denen die übergelagerten Schichten abgeschoben

*) Bornhardt W. Bergassesor, Deutsch-Ost-Afrika Bd. VII. Zur Oberflächengestaltung und Geologie Deutsch-Ost-Afrikas. Berlin 1900.

wurden, aufs deutlichste an, sodass unschwer zu erkennen ist, dass die Eismassen der südwestlichen Himalaja-Gletscher zwischen dem Festland und den Seychelleninseln gegen die Komoren und den Kanal von Mozambique geschoben und hier, durch den Südpolargletscher am Durchfluss verhindert, zum Eintritt ins heutige afrikanische Festland gezwungen wurden. Dementsprechend erscheint dort (nach Bornhardt) hinter dem Küstenstrich auf lange Strecken eine ebene Landschaft von etwa 340—420 m Meereshöhe, aus der sich in unregelmässiger Verteilung, gleich Inseln aus dem Meere, zahllose, seltsam geformte Bergmassen mit steilen, felsigen und glattgescheuerten Wänden von bis zu 500 m relativer Höhe (900 m Meereshöhe) erheben. Die meisten dieser, ohne Ausnahme aus Gneis bestehenden Bergmassen sind scharf gegen das umgebende, von sandigem Lehme und verschieden mächtigen Geröllen überlagerte Flachland abgesetzt; ihre Entstehung kann (vergl. Fig. 109) einwandfrei nur aus Eiswirkung erklärt werden; wie auch einerseits ihre Langseite von Nordost nach Südwest verläuft, also der oben angegebenen Eisrichtung entspricht und andererseits der gegen Nordost gerichtete Kopf deutlich die Form des Eisbrechers mit dahinter liegender Uebereichfurche zeigt. Die unten im Wortlaut angeführten Auszüge*) aus den Ergebnissen der mit grosser Beobachtungschärfe gemachten Forschungen, so-



Fig. 109.

*) Bornhardt S. 438. „Recht bemerkenswert ist, dass das östliche Gebirgsvorland nur selten Aufschlüsse in festen Gesteinen aufweist, meist vielmehr eine mächtige Decke von sandigen Lehmen trägt, die, nach dem Einschlusse von horizontal gelagerten Kies- und Geröllelagen zu urteilen, nicht aus einer Verwitterung des felsigen Untergrunds hervorgerufen, sondern vom Wasser über diesen Untergrund ausgebreitet ist. Die Kiese und Gerölle treten stellenweise auch in mächtigen Massen für sich auf. Eine Erklärung für die Aufschüttung so bedeutender Massen von z. T. recht groben Sedimenten lässt sich aus den heutigen orographischen und hydrographischen Verhältnissen nicht herleiten. Will man die Erscheinung nicht auf glaziale Vorgänge zurückführen, wofür ich auf meinen Reisen keinerlei Anhalt habe gewinnen können, so wird man annehmen müssen, dass das Kingagebirge ehemals eine erhebliche grössere Höhe und Bedeutung als gegenwärtig besessen habe. Es liegt dann wohl die Annahme nahe, dass die Erniedrigung des Gebirgs zu der jetzigen Höhe mit dem Einbruche des Nyassagrabens in ursächlichem Zusammenhang stehe."

S. 37. „Nach allem, was ich auf Reisen gesehen habe, komme ich zu der Ansicht, dass die unter den heutigen klimatischen Verhältnissen wirksamen Kräfte weder der Intensität, noch der Art ihres Wirkens nach im Stande gewesen sind, die zahlreichen vereinzelt aufragenden Inselberge zu schaffen. Die Berge scheinen mir unter den heute wirkenden Kräften nur verhältnismässig geringfügige Veränderungen zu erleiden. Ihre Hauptausbildung müssen sie meiner festen Ueberzeugung nach in einer der heutigen Denudationsperiode vorangegangenen, geologisch älteren Zeit erhalten zu haben.

Auch in dieser älteren Zeit müssen aber *Umstände besonderer Art* eingewirkt haben, die zur Folge hatten, dass nicht eine gewöhnliche, aus zusammenhängenden Berg- und Talsystemen bestehende Gebirgslandschaft, sondern ein Gewirr von vereinzelten, von einander losgelösten Bergen zu Stande kam.

Ich glaube die Erklärung für die eigenartige Entwicklung der orographischen Verhältnisse in der Annahme gefunden zu haben, dass die Inselbergs-Landschaft nicht das Erzeugnis eines ununterbrochen fortwirkenden Erosions- und Denudations-Vorgangs, sondern

wie beinahe jede Seite des interessanten Buchs zeugen von der Abtragung der ostafrikanischen Schichten und der Auflagerung von Geröllen, Geschieben, Sanden und Lehmen in nachtertiärer Zeit und zwar in mehrfachen Wiederholungen. Dass der gelehrte Forscher keinerlei Anhaltspunkte für glaziale Vorgänge gefunden hat, entspricht eben nur den heutzutage herrschenden Ansichten, nach denen ja z. B. auch für Süd- und Mitteldeutschland keine Vergletscherung anzunehmen ist.

Die Stauverhältnisse des Roten Meers hatten aber noch einen viel weitgehenderen Einfluss. Indem sie ihre Wirkung bis Suez geltend machten, zwangen sie den weit überwiegenden Teil der Eismassen des östlichen Mittelmeers zum Uebertritt auf das dem Eisschub entgegenfallende afrikanische Festland. Die mächtige Zunge, die den ihr schon damals entgegenlaufenden Nil mehr und mehr aufstaute, erzeugte die eigenartigsten Verhältnisse, die mit der Umleitung der norddeutschen Flüsse zur Risseiszeit Aehnlichkeit haben, aber aus Mangel an zuverlässigen Karten nur angedeutet werden können (vergl. auch S. 21 u. Fig. 31—33, Aufstieg des Eises der Donau auf den Jura). Der Lauf des Eises ging nilaufwärts über den Aequator (Fig. 110 zeigt eine Partie vom mittleren Nil. An der Form der Sattelbögen zwischen den Inselbergen und der Lage der Einbuchtungen kann die Richtung des Eisschubs bestimmt werden) und endigte erst tief im Süden von Afrika, teils am Atlantischen Ozean, teils im Kapland.

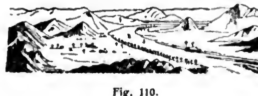


Fig. 110.

Schon im *Unterlauf des Nils* glaubt man, den Karawanenstrassen entsprechend, seitliche Eis- und Schmelzwasserrinnen sowohl gegen Osten als Westen zu bemerken (vergl S. 66). Solche wiederholen sich in der Höhe von Theben. Oberhalb Assuan machte das Eis grosse Anstrengungen um den Flussbogen zwischen dem 23. und 19. Grad nördlicher Breite abzuschneiden, was ihm aber nicht gelang, sondern nur die Ablagerungen der Nubischen Wüste zur Folge hatte. Von der unter dem 18. Grad gelegenen südlichsten Stelle des genannten Bogens aus mögen wohl Eis und Nilwasser gemeinsam gegen die Tschadseesenke gelaufen sein und in Gemeinschaft mit dem von der Westküste eingedrungenen südpolaren Eis (vgl. S. 87) das ganze innerafrikanische Hochland, das blos etwa 600 m hoch liegt, angefüllt und abgescheuert haben. Aehnliches wiederholte sich im Süden unter dem 10. Grad, wo die Nilwasser samt dem treibenden Eis-

mehrfacher Wiederholungen desselben darstellt, wobei jeder spätere Vorgang von dem früheren dadurch abgesondert und unabhängig gestaltet wurde, dass in der Zwischenzeit eine ausgleichende Ueberdeckung des Landes durch Sedimente stattfand."


Figur 111.

strom zum Kongo ausgebrochen sind. Der Eisstrom drang von hier an sowohl im oberen Nil- als im oberen Kongotal aufwärts (vergl. S. 113). (Fig. 111 zeigt die eigentümlichen Felsbildungen der abessinischen Gebirge, die ebenfalls von Eis -- sei es südalpines, sei es eigenes, örtliches — ausgemodelt wurden).

Die *obere Nilzunge*, die von Deutsch-Ostafrika her durch das Tigris-, Euphrat-, Rote Meer-Eis Verstärkung erhielt, schuf in der innerafrikanischen Grabensenke eines der geologisch merkwürdigsten Gebilde. In diese Senke sind zwischen dem 5. Grad nördlicher und 15. Grad südlicher Breite der Albert Njansa- (643 m), der Muta Nsige- (1060 m), der Tanganjika- (780 m), der Meru Mkata- (850 m), der Rikwa- (780 m) und der Nyassa-See (480 m) eingebettet; auch liegen in deren Nähe der Ukerewe-See in 1270 m und der Bangweolo-See in 1300 m Meereshöhe. Ferner ist daran zu erinnern, dass sich etwa unter dem 20. Grad südlicher Breite das Land der 1000 Vleys (Teiche) mit mehreren „Salzpfannen“ von beträchtlichem Umfang in 850—1100 m Höhe anschliesst und dass solche Salzpfannen noch unter dem 27. Grad südlicher Breite in der Wüste des britischen Betschuanalands, also etwa in denselben Breiten mit den Goldseifen Transvaals, vorfinden. Die genannte Senke soll sich nach dem heutigen Stand der Wissenschaft in geologisch junger Zeit als grabenartiger Einbruch der Erdrinde gebildet haben (vergl. Thomson 1881, Süss 1891). Zur Erklärung der Begleiterscheinungen dieses „Einbruchs“, insbesondere der quartären Ablagerungen, die bis zu 950 m Höhe das umgebende (Gneis-)Gebiet bedecken, musste ausserdem bisher eine Reihe von Bewegungen des Meeresspiegels angenommen werden, nämlich ein Rückgang des Meeresspiegels nach beendigter Ablagerung der Mikindanischichten (vergl. Anmerk. S. 53), ein Wiederansteigen desselben zu einer Höhe von mehreren hundert Meter über den jetzigen Stand mit nachfolgendem erneuten Rückgang (behufs Erklärung der Bildung der Strandterrassen). Allein der Gedanke einer Hebung, Senkung und Wiedererhebung einer aus Urgebirge bestehenden Landscholle von der Grösse des halben Europa, nach Art eines zusammengedrückten Gummiballs, unter gleichzeitiger Erhaltung des (einsschliesslich der Seetiefe) rund 2000 m tiefen grabenartigen Einbruchs stellt eine grosse Anforderung an die Vorstellungskraft. Wie einfach dagegen ist die Bildung dieser Riesensenke durch Ausfurchung der mächtigen Eisströme zu erklären, die einerseits von den Alpen nilaufwärts, andererseits von den Alpen, dem Nordpol und dem Himalaja vermittelst der Gletscherzungen des Roten- und Persischen Meers, sowie des Indus durch Deutsch-Ostafrika hieher geschoben wurden! Ob

hiebei eine durch vulkanische Kräfte oder durch Schrumpfung (etwa zur Mitteltertiärzeit) entstandene Falte vorhanden gewesen sein mag oder nicht, soll dahin gestellt bleiben. Jedenfalls lassen sich die Ausfurchung des Grabens, die Ablagerung der Mikindanischichten, die Bildung der Granitkuppen und Gneisinselberge, die Ausschälung und Freilegung der Basaltaufbrüche, die Entstehung die Sumpftäler, der verschiedenen Wasserfälle, die Ablösunng der Sandsteinvorberge und Inseln, sowie die gesamte einschlägige Darstellung Bornhardts, von der noch zwei weitere Abschnitte unten aufgeführt werden sollen*), durch die genannten hier zusammenstossenden Eisströme und ihre nach und nach abnehmende Mächtigkeit ohne jegliche Erdrindenbewegung in quartärer Zeit sehr leicht erklären. Auch die von Stanley**) gemachten Schilderungen Innerafrikas, von denen unten vier Aus-

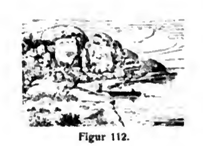
*) Bornhardt, Deutsch-Ostafrika, S. 434. „Schliesslich ist auch ein auffälliger Gegensatz, der sich in der Art der Erosionswirkung in der Umgebung des (Nyassa) Sees zu erkennen gibt, nicht ohne Bedeutung. Während in gewisser Entfernung vom See, in den den See umgebenden Hochlandsgebieten flachwellige Formen, sanft eingesenkte, gefällschwache Täler mit rundlichen Bergkuppen dazwischen herrschen, Formen, wie sie den Ruhestand am Ende einer lange währenden, von fremden Einflüssen nicht gestörten Erosionsperiode zu bezeichnen pflegen, stellen sich mit der Annäherung an den Abbruch zum See, innerhalb eines Landstreifens, dessen Breite selten über 10—15 km hinausgeht, schluchtartig eingeschnittene Täler mit stark geneigten Bachsohlen und gratartig zugeschärfte Bergrücken mit wild zerschlitzten Hängen ein."

S. 435. „Der Einbruch (der Nyassasenke) ist über das Nordende des Sees hinaus noch auf längere Erstreckung nach Nordwesten zu verfolgen. Nur ist hier die Einbruchstiefe geringer gewesen, als im Bereiche des Sees, und sieht man die eingebrochenen Gebirgsmassen daher noch auf mehr oder weniger grosse Höhe über den Spiegel des Sees aufragen. In 70 km Entfernung vom Nordende des Sees erleidet das Einbruchsgebiet eine Gabelung in zwei nach verschiedenen Richtungen sich erstreckende Bruchfelder. Das eine Bruchfeld, das nach Nordwesten zum Rickwa-See hinüberzieht, hat langgestreckte grabenförmige Gestalt und muss seiner Richtung nach als die eigentliche Fortsetzung des Nyassagrabens angesehen werden. Das zweite Bruchfeld, welches den Oberlauf des Ruaha in sich enthält, erstreckt sich mehr in die Breite und stellt sich als ein grosser Quereinbruch zu dem Nyassa-Rikwa-Graben dar. Die Begrenzung dieses zweiten Bruchfelds gegen Westen wird durch einen schroffen Gebirgsrand gebildet, der, soweit ich ihn habe übersehen können, in grader Linie nach Nordosten verläuft. Auf der Ostseite habe ich keine scharfe Grenze des Einbruchsgebiets wahrgenommen."

**) Stanley, Henry M. Leipzig, 1878. Durch den dunklen Weltteil. Bd. II.

S. 55. „Der interessanteste Gegenstand war hier (im Luindital) das abgerundete, unter einem Winkel von 30 Grad sich abdachende Ende der Ki-yandscha-Berge. Da der höchste Punkt wahrscheinlich zwischen 600 und 1000 Fuss liegt, so ist irgend eine Naturkraft tätig gewesen, diese Spalte durch das eisenharte Felskonglomerat und den weichen Sandstein auszuhöhlen — und sicherlich eine Naturkraft, welche weit stärker wirkte, als dieses unbedeutende im Schilfrohr sozusagen versumpfte Gewässer, denn dies hat weder Saft noch Kraft."

S. 33. „Das Kap Mpimbwe (an der Ostküste des Tanganjika Sees unter dem 7 Grad südlicher Breite) bietet einen ähnlichen Anblick wie die Felsen von Wezi; es ist nur noch riesiger in seiner Ausdehnung und gewaltiger in seiner Grossartigkeit. Die äussere Erscheinung dieser Wellen verrät die Einwirkung grosser Wellen, welche in früherer Zeit darüber hinweggetrieben worden sind, welche mit ihren Gewässern in die innersten Klüfte und Schluchten eingedrungen sind, und gewaltsam aus jeder Ritze und Spalte alle vegetabilischen Gebilde und jedes Teilchen von Dammerde rein ausgewaschen haben, bis eines Tags durch irgend eine plötzliche Naturerschütterung der See bedeutend sank und hundert Fuss über seiner Oberfläche diese grauen uud nackten Granitmassen zurückliess. Wer nur irgend an einer von Felsen eingefassten Küste den Kampf der Meereswogen mit dem Granit, Basalt und Sandstein beobachtet hat, wird die am Mpimbwe Gebirge sichtbaren

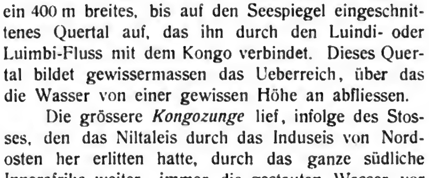


Figur 112.

züge wiedergegeben sind, lassen unschwer die Gletscherwirkung erraten. Fig. 112 stellt die merkwürdigen Granitfelsen der Insel Wezi im süd-östlichen Teil des Viktoria Nyanza vor. Ihre Abrundung und Aufhäufung (vergl. S. 117, Anm. 3), wie sie im Fichtelgebirge in ähnlicher Weise beobachtetet wird (vergl. S. 139 und Fig. 132), kann nicht anders als durch Eisströme erfolgt sein. In den Fig. 113 und 114 sind Felsengebirge dargestellt, von denen auch Stanley (s. S. 117, Anm. 1—3) mit Sicherheit annimmt, dass sie nicht durch Wasser losgelöst und umgeformt wurden. Insbesondere ist auch die Entstehung des Tanganjika Sees der Gletscherwirkung zuzuschreiben. Der See hat keinen Abfluss, weist aber an der schmalsten Stelle unter dem 6. Grad südlicher Breite ein 400 m breites, bis auf den Seespiegel eingeschnittenes Quertal auf, das ihn durch den Luindi- oder Luimbi-Fluss mit dem Kongo verbindet. Dieses Quertal bildet gewissermassen das Ueberreich, über das die Wasser von einer gewissen Höhe an abfliessen.



Figur 113.



Die grössere *Kongozunge* lief, infolge des Stosses, den das Niltaleis durch das Induseis von Nordosten her erlitten hatte, durch das ganze südliche Innerafrika weiter, immer die gestauten Wasser vor sich hertreibend und zum Uebertritt über die höher gelegene Westküste nötigend. So wurde der Kongo, der zur Voreiszeit wohl Nebenfluss vom Nil war, in grossem Bogen nach Westen umgeknickt, wobei den verschiedenen Zeiten und Vorrückungstadien des Gletschers die verschiedenen parallelen Nebenflüsse entsprechen. Ferner bohrte das Eis im Kongotal die aus etwa 10 Einzelseen bestehende Seenkette aus,



Figur 114.

Formationen sofort als die Resultate solcher Wirkungen wiedererkennen. Da liegen Felsstücke aufgehäuft, die viele tausende von Zentnern wiegen, und von denen einige in so prekären Stellungen zu balanzieren scheinen, dass man glauben möchte, ein Kindesfinger könnte sie aus ihrer Lage bringen und in den tiefblauen See hinabstossen."

S. 40. „Die seltsamen Tafelberge oder natürlichen Türme, welche Mtomba (und am Südende des Tanganjika Sees liegen und 1200 Fuss über den See emporragen), bildeten einst Teile der Urungu Hochebene, sind aber jetzt durch Einwirkung derselben Naturkräfte, welche den überraschend tiefen Golf des Tanganjika entstehen liessen, von derselben losgetrennt."

S. 46. „Die Umgegend des Kap Zongweh (Westküste des Tanganjika gegenüber dem oben angeführten Kap Mpimbwe) zeichnet sich besonders durch ihre hohen Kegelberge und grossen Gebirgsmassen aus. Der 2000 Fuss über dem See liegende Berg Murumbi, in der Nähe des Kap Muri-Kiassi, ist an der Küste von Marungu durch seine Formation besonders auffällig."

trat über die ungefähr 1000 m hoch gelegene Wasserscheide ins Sambesital über und floss in diesem talaufwärts weiter bis an die Grenze der Kapkolonie, wo die Seifen der Gold- und Diamantfelder die letzten Reste der Endmoräne des vereinigten südalpinen und nordpolaren Gletschers bezeichnen. Ausserdem wurde auch in den Tälern der zahllosen Nebenflüsse des im Kongostaat gelegenen Kassaiflusses, die heute süd-nördliche Richtung haben, das Eis weitergetrieben, trat in das Quellgebiet des heutigen Sambesi über und drang von da in das heutige Deutsch-Südwest-Afrika ein. Ueber den dortigen Verlauf gibt die neue Karte von Langhans*) vollständigen Aufschluss (vergl. Fig. 84). Die Ankunft des nordpolaren Eisstroms ist durch die Richtung der Etoscha (Salzpfanne) und der Sandsteinterrassen des Oütjo und Waterbergs, sowie durch die Richtung der kleinen Gebirge und der Trockentäler in unzweideutiger Weise gekennzeichnet. Teile des Stroms stürzten sich in hunderten von Zungen von dem hochgelegenen Kaoko-Veld, das in der Hauptsache eine vom Eis unberührte Hochebene darstellt, zwischen der nördlichen deutschen Grenze und der Walfisch-Bai mit süd-westlicher Richtung auf die entlang der Küste nördlich fliessenden südpolaren Eismassen. Der grössere Teil des Gletschers aber wurde durch den Gebirgstock nord-östlich der Walfisch-Bai gegen Süden abgelenkt, grub dort das etwa 40 km breite Tal von Grootfontein nach Bethanien mit seinem prächtigen Trogquerschnitt und seinem Riegel de Hoogte, sowie die Ebene zwischen Keetmannshoop und Rietfontein mit ihren zahllosen Trockentälern und Inselbergen aus und trat schliesslich über den Oranjefluss ebenfalls in die Kapkolonie über**).

---

*) Langhans, Karte des Kriegsschauplatzes in Deutsch-Südwest-Afrika 1 : 2000000 Gotha 1904.

**) Süss S. 504. „Von der Einmündung des Vaal in den Oranjefluss zieht sich in der Richtung Nordost erst dem Vaalfluss parallel, dann dem Laufe des Haartflusses folgend, eine beträchtliche Stufe durch das Land, welche die Grenze des paläozoischen Gebirgs gegen die ostwärts ausgebreiteten Ablagerungen bezeichnet; sie ist aber keine Kette, sondern der Rand einer ausgedehnten, wie es scheint, mehr oder minder schildförmigen Fläche und besteht aus den Schichtenköpfen einer mächtigen, kieselreichen Kalksteinablagerung; an ihrem Fusse kommen da und dort Reste einer noch älteren, steil aufgerichteten Schichtenreihe zum Vorschein.“

Süss S. 506. „Es geht aus diesen Beobachtungen hervor, dass in der Mitte des Kontinents ein ausgedehntes, gefaltetes, paläozoisches Gebiet vorhanden ist, welches gegen Nord oder Nordost streicht und entweder durch *Zerstörung der Karoo-Ablagerungen blossgelegt wurde*, oder, wie Stone meint, *die ursprüngliche Umgrenzug dieser Ablagerungen bildete.* Die Kalahariwüste scheint ganz oder doch zum grösstenteil diesem paläozoischen Gebiet anzugehören.“ (S. 774.) Der am Ostrand der Kalaharawüste gelegene Lange Berg ist ein uralter Faltenzug, der infolge der *Zerstörung seiner Decke* nur noch in einigen Resten seiner ursprünglichen Gestalt hervortritt.

Diese ungeheuren, aus Nordpol- und Alpeneis bestehenden Gletscher haben entsprechend grosse *Moränenablagerungen* hinterlassen. Die Lybische Wüste und ein grösserer Teil der Wüste Sahara wäre, wie erwähnt, als Mittelmoräne gegen den Südpolargletscher, die süd-westlich von Suez gelegene Arabische- und Nubische Wüste als solche zwischen dem Niltal und dem Roten Meer und die Wüsten der Halbinsel Arabien, als solche zwischen den Gletscherarmen des Roten Meeres und des Persischen Golfs aufzufassen (vergl. S. 66). Auch sind in der Langhans'schen Karte von Deutsch-Südwest-Afrika jeweils zwischen zwei grösseren Trockentälern (Wadi) Wüsten eingezeichnet. Berücksichtigt man noch, dass der freie Abfluss sowohl nach Westen zum Atlantischen-, als nach Osten zum Indischen Ozean durch die mächtigen Auftürmungen des südpolaren Eises ausgeschlossen war, die nordpolaren Eismassen somit gegen Süden mehr und mehr bahnschlittenähnlich unter starkem Aufstau eingezwängt wurden und wahrscheinlich nur wegen des Schutzes der kapländischen Gebirge soweit südlich gelangen konnten, so erklärt sich in ungezwungener Weise die Bildung des Lands der 1000 Vleihs, die salzige Beschaffenheit der Sümpfe, die riesige Sand-(ablagerung in der Kalahari Wüste und in den sie umgebenden Ländern z. B. in Deutsch-Südwest-Afrika), sowie die schliessliche Absetzung der härtesten und widerstandsfähigsten Diluvionen (Diamanten und andere Edelsteine, Gold, Platin, Kupfer) in den Wüsten und Seifen von Südafrika unmittelbar vor den unübersteigbaren Erhebungen des dortigen Tafellands oder auch in den im Eisschatten des südpolaren Eises gelegenen Fundstätten von Deutsch-Südwest-Afrika.



Wadi Beni Ssur (Reilschlucht) nach G. Schweinfurth.

Figur 115.



Figur 116.

Bezüglich der in vorstehemdem öfters genannten und in Arabien und Afrika sehr häufigen *Trockentäler* sei bemerkt, dass sie samt und sonders frühere Eis- und Schmelzwasserrinnen darstellen, die bei fallendem Eisstand wieder verlassen wurden. In besonders grosser Zahl sind sie dem Westufer des Golfs von Suez entlang vorhanden, wo das dort abfliessende Eis durch den Jordangletscher gestaut und teilweise zum Uebertritt ins Niltal gezwungen wurde. Eine dieser süd-westlich verlaufenden Rillen ist die 100—150 m tiefe, süd-östlich von Kairo gelegene Reilschlucht (Wadi Beni Ssur). Der in Fig. 115 dargestellte Grundriss ist einem Ausschnitt der Schweinfurth'schen Karte, das in Fig. 116 gezeichnete obere Ende der Schlucht einer Fotografie von Prof. Dr. Moritz (beide

Figuren sind in Bornhardts Deutsch-Ost-Afrika, S. 51 und Tafel IV dargestellt) entnommen. Die Erklärungen, wornach das Wadi als Windkessel oder durch Aufreisen einer Bodenspalte infolge von Grundwasserbewegung entstanden sein soll, befriedigen durchaus nicht. Es ist vielmehr einfach ein Schlagloch zweier jüngster (Mindel) Eiszungen, die als Uebereiche vom Roten Meer nach dem sich mehr und mehr eintiefenden Niltal gelaufen sind. Die Uebereiche vermochten die Sohle nicht so rasch zu vertiefen, wie die Hauptzunge das Niltal und endigen daher heute mit einer Steilstufe am Zusammenfluss. Der alte Talboden des Meyer Eymar- und Lortet Tals ist im Westen und Süden des Bastionsberges deutlich als Absatz erkennbar. Insoweit derartige alte Eisrinnen später von Wasserläufen durchzogen wurden, mussten alle diese Steilstufen zu Ursachen von Wasserfällen werden.

Die geschilderten Verhältnisse beziehen sich auf die grösste Ausdehnung der Vereisung, die wohl annähernd eine Meereshöhe von 1000—1200 m erreicht haben mag. Wie in all den früher betrachteten Fällen stehen auch hier die *Wasserfälle* der grossen Flüsse in ganz auffallender Weise mit dem zurückgehenden Gletscher in Zusammenhang und sind wohl als Endstaffeln von Unterabteilungen der Eiszeiten zu betrachten. So wären z. B. die Stanley-Fälle des Kongo, die unter dem Aequator liegen, als Eiseinbohrungen zur Günzeiszeit, die Stromschnellen des Nil — die wohl bezüglich der Höhenlage mit denen der spanischen Flüsse übereinstimmen mögen — als Rückstände der Mindeleiszeit und ihrer verschiedenen Unterabteilungen zu bezeichnen.

Wie sowohl in England, Frankreich und Amerika, als insbesondere auch bei uns, in Nord- wie Süddeutschland, die Eisübertrittstellen von einem Flussgebiet in ein anderes von jeher zur Anlage von *Verbindungskanälen* zu Schiffahrtszwecken benützt worden sind, so ist als erfreuliches Zukunftsbild zu erhoffen, dass die gewaltigen Eisbewegungen, die vom Nil zum Kongo und Sambesi statthatten, auch derartige tiefe Rinnen hinterlassen haben, dass in einem oder anderen dieser Wadi die Erstellung eines Schiffahrtswegs ohne allzugrossen Aufstau des betreffenden Flusses späterhin ermöglicht werden wird.

B) NORDALPINER GLETSCHER.

Einleitendes.

Bei der Beschreibung dieses Teils der alpinen Vergletscherung liegt eine Hauptschwierigkeit darin, dass die mächtigen Eismassen nicht nur, wie bei allen anderen bisher beschriebenen Gletscherzungen, zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen Höhen abflossen, sondern dass sie mit den nordpolaren zusammenstiessen.

Bezüglich der Verteilung des Abtragungsvorgangs auf die *verschiedenen Eiszeiten* sei nochmals erwähnt, dass zur Günzzeit das Eis in zusammenhängender Masse vordringend zu denken ist, während die Eisbewegung der Mindelzeit sich hauptsächlich in den Flusstälern abspielte. Dementsprechend sind die Durchbrechung hoher Gebirge, die Abtragung ganzer Länder, die Auskolkung gewaltiger Schlaglöcher mit bis zu 100 km Durchmesser, die Schaffung von Steilabfällen langgedehnter Gebirgszüge und ähnliches als Erzeugnisse der ersteren, dagegen die Zerlegung der Gebirge in einzelne Stöcke und Kuppen, die Ausfurchung von Schlagrinnen entlang der Gebirge, die Erzeugung der Flusstäler mit ihren Eigentümlichkeiten, die Ausbildung all der Runsen, Rinnen, Falten, Schlaglöcher an jedem Steilabfall u. s. w. als Wirkungen der letzteren aufzufassen. Es können somit die heutigen Bodenformen des überflossenen Geländes, insbesondere kleinere Bergzüge und Taleinschnitte nur die Wirkungen des Eises zu Ende der Mindeleiszeit wiederspiegeln, wogegen die Veränderungen zur Günzeiszeit in der Hauptsache nur am Nährboden der Alpen und an den, als Leitlinien des Eises diendenen höchsten Gebirgszügen zu erkennen sind.

Von besonderer Wichtigkeit ist hier jedoch der zweite Punkt, das *Zusammentreffen* des nordalpinen und nordpolaren Eises. Die hiebei sich entwickelnden ungeheuren Kräfte haben die grossartigsten Umwandlungen der vorzeitlichen Landschaften, insbesondere die Umkehr und Knickung der Richtungsverhältnisse vieler Flusstäler bewerkstelligt. Der Kampfplatz war selbstverständlich nicht an die Scholle gebunden, sondern verlegte sich, je nachdem der Ueberdruck von der einen oder anderen Seite mächtiger war, bald mehr nach Norden, bald mehr nach Süden. Es kam daher mehrfach vor, dass Täler, die in diesem Kampfgebiet liegen, von Eismassen in entgegengesetzten Richtungen durchfurcht wurden. Diesem Umstand ist es auch hauptsächlich zuzuschreiben, dass vielfach die Spuren des früheren Eisschubs von dem späteren verwischt oder ganz zerstört wurden und dass es bisher nicht gelungen ist, eine nach jeder Richtung einwandfreie Erklärung der Entstehung der damaligen Bodengestaltung von Deutschland und den angrenzenden Ländern zu erhalten.

Des besseren Verständnisses halber möge nun zunächst der voreiszeitliche Zustand der hier in Betracht kommenden Länder zu schildern versucht werden.

Zu Beginn der Günzeiszeit waren zweifellos die Faltenzüge der *Alpen*, insbesondere diejenigen der *Voralpen* wesentlich höher als heute, wie dies die abgeschabten Umbiegestellen der gefältelten Schichten an den verschiedensten Stellen aufs deutlichste beweisen. Sodann bestanden die Querdurchbrüche der Alpenketten (s. Fig 43) und somit auch die heutigen Seen noch nicht.

Am Nordfuss der Alpen, ihrem Zug von Genf bis Wien in sichelförmigem Bogen sich anschmiegend, zog sich das schon oben erwähnte (S. 98), gegen Schluss der Tertiärzeit trocken gewordene, oligocäne und miocäne *Meeresbecken* hin, welches nach dem heutigen Stand der geologischen Kenntnisse von der schon damals vorhandenen Donau nach Osten entwässert worden sein soll. Auch dieses Becken, das grosse Teile von der Zentralschweiz, Süddeutschland, Ober- und Niederösterreich — einschliesslich der heutigen Voralpen, des Laufs der gegenwärtigen mittleren Aare und der Donau und eines breiten Streifens ihrer linksufrigen Zuflussgebiete — umfasste, sich also noch weit in den schweizerischen, schwäbischen und fränkischen Jura hinein erstreckte, lag mit tertiären Ablagerungen bedeckt, damals noch beträchtlich höher*) als gegenwärtig.

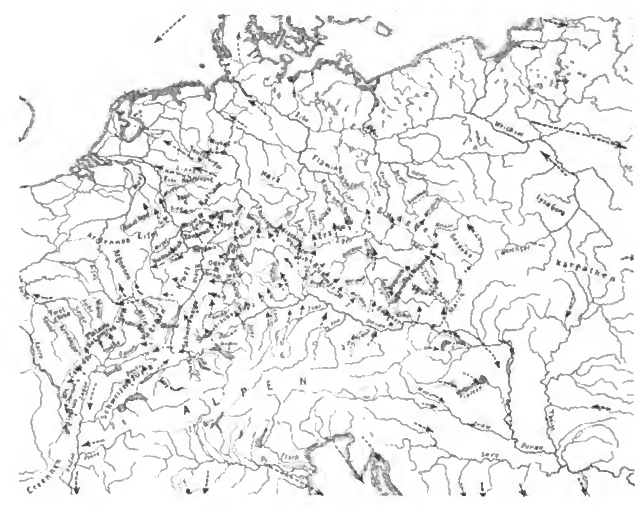
Die *Donau* floss, wie dies die vorhandenen, teils auf Jura, teils auf Tertiärschichten liegenden, reinen Quarzgerölle der württembergischen geognostischen Atlasblätter von Tuttlingen, Blaubeuren und Ulm zeigen, in ihrem Oberlauf annähernd an derselben Stelle wie jetzt, aber ungefähr in der Höhe der ihr Tal gegenwärtig umrahmenden Talhänge, d. h. etwa 185, m höher als heute;**) ihr damaliger Querschnitt war, nach obigen Ablagerungen zu schliessen, wesentlich breiter, aber schwach muldenförmig, und noch nicht trogförmig eingeschnitten. Im Uebrigen muss es dahin gestellt bleiben in wie weit sich diese frühere Ueber-Donau mit der alten Abflussfurche des Miocänmeeres deckt (vergl. S. 127 und S. 132).

Ueber die frühere Bodengestaltung der dem *Nordufer des Miocänmeeres* angelagerten Länder lassen sich zunächst nur Vermutungen aufstellen. Im Westen stellen Doubs, Ognon, Saone und Ain zweifellos Schlagrinnen der vom Schweizer Jura abfallenden Eismassen vor (vergl. Fig. 117); in wie weit aber bei der Entstehung dieser Furchen schon voreiszeitliche Mulden massgebend waren oder noch anderweitige Einflüsse mitspielten, lässt sich nur an Ort und Stelle entscheiden. Jedenfalls aber ist die Auflösung der diese Täler im Westen begleitenden Bergzüge in einzelne Gebirgsstöcke (Montes de Lyonnais, du Charolais, Côte d'Or, Plateau de Langres, Montes Faucilles), sowie die Zerlegung dieser Stöcke in weitere Teile erst der Eis-

---

*) Die miocänen Ablagerungen des Pfänders und der Adelegg erreichen Höhen bis etwa 1100 m, der vom Eis erniedrigte Randen im Hegau hat 924 m Höhe; ebenso umspülte das tertiäre Meer auch die 940 m hohen Kösseinberge im Fichtelgebirge. Auf dem badischen Atlasblatt Ehrenstetten haben die Tertiärschichten eine Höhe von 646 m; zu Vergleichszwecken sei angeführt, dass der Bodensee 395 m, die Donau bei Ulm etwa 465 m (zur Günzeiszeit etwa 650 m) hoch liegt. Nach Penck und Brückner (S. 32) liegt das heutige Jllerbett (600 m) im Memmingerfeld bei Heimerdingen 90—135 m tiefer als die günzeiszeitliche Oberfläche (700—730 m).

**) Dietrich, Wilhelm, Aelteste Donauschotter auf der Strecke Jmmendingen—Ulm. Inauguraldissertation, Stuttgart 1904. Die Schotter des Gewendes Kayh nördlich von Tuttlingen liegen 2981 Fuss (850 m), nordwestlich von Ulm, zwischen Wippingen und Oberherrlingen 2327 Fuss (660 m) hoch, woraus sich ein Gefäll der günzeiszeitlichen Donau von 190 m berechnet, während das gegenwärtige 185 m oder 1,5 ‰ beträgt.



Figur 117.

zeit zuzuschreiben. Von diesen Bergzügen an scheint das Gefäll der Gebirgscholle nach Norden verlaufen zu sein, worauf die Richtung des Oberlaufs fast sämtlicher dort entspringender Flüsse hinweist (vergl. S. 100). Sodann setzten sich die Vogesen früher ohne Zweifel bis zum Hunsrück fort, in gleicher Weise wie der Schwarzwald mit dem Odenwald zusammenhing, wogegen das zwischen diesen beiden Gebirgszügen gelegene Rheintal, wie aus den überall nachweisbaren Bruchlinien klar ersichtlich, einen Einbruch darstellt, der zur Tertiärzeit ebenfalls ein Meer bildete. Der Abbruch des schwäbischen Jura bestand noch nicht, vielmehr erstreckten sich wohl die Schichten von der Donau an nach Norden allmählich sanft ansteigend, bis zu den deutschen Mittelgebirgen, die damals ebenfalls noch höher waren, so dass die nördliche Wasserscheide der Donau über diese Gebirge oder gar nördlich derselben verlief*). Nach Osten setzte sich die Wasser-

*) Der derzeitige Abbruch des schweizerischen, schwäbischen und fränkischen Jura liegt zwischen 1600 und 600 m, die Vogesen steigen in ihren höchsten Gipfeln bis 1426 m, der Schwarzwald bis 1495 m, der Türingerwald bis 980 m, der Harz bis 980 m, das Fichtelgebirge bis 1050 m und der Böhmerwald bis zu 1458 m.

scheide vielleicht über das Erzgebirge und die Sudeten fort, jedenfalls scheint sich das böhmische Becken ursprünglich nach Osten — durch die obere March — zur Donau entwässert und später, wie das Seinebecken, in ein Quertal aufgelöst zu haben (weiteres s. S. 138).

Die voreiszeitlichen Verhältnisse des *Gebiets nördlich der Karpathen* lassen sich vielleicht überhaupt nie mehr auch nur mit annähernder Sicherheit bestimmen, da hier der Abtragungsvorgang zu stark fortgeschritten ist.

Jenseits der genannten Gebirge schliest heute eine grosse *Senke* an, die von Frankreich bis Polen ununterbrochen sich hinzieht, und das Abfallgebiet der bergauf geschobenen Eismassen darstellt. Auch dieses grosse zusammenhängende Tiefland bildete zur Tertiärzeit ein Meer, mag aber zu Beginn der Günzeiszeit noch ganz beträchtlich höher gelegen sein, wie aus den noch erhaltenen Resten micoäner Ablagerungen in den Quellgebieten der Oder, Weichsel, Eger, Moldau, sowie in der Wetterau, welche die einstige Verbindung der oberrheinischen Grabensenke mit diesem Meer darstellt, zu schliessen sein dürfte. Sodann war wohl diese Tiefebene, ähnlich wie die russische (vergl. S. 63) von heute ganz oder teilweise abgetragenen Gebirgsketten durchzogen, deren Spuren sich in Frankreich, Norddeutschland und Polen noch vorfinden (Forêt d'Othe Argonnerwald, Teutoburgerwald, Wiehengebirge, Flämming, Lysa-Gora u. s. w) und welche im grossen ganzen der Richtung Südost-Nordwest gefolgt zu sein scheinen. Dieser Streichung entsprechend fand wohl die Entwässerung des ganzen Gebiets über die damals noch nicht bestehende Nordsee hinweg zum nördlichen Eismeer statt*).

Alle die im vorstehenden genannten Gebiete stellen somit heute *Abtragungsflächen* dar, und sind, was Gletscherwirkung betrifft, als Alpenvorland zu betrachten. Es gilt daher für sie auch das von Penck und Brückner über letzteres Ausgeführte**), jedoch mit dem Unterschied, dass wohl wahrscheinlich unter Günzeiszeit und Pliocän ein und derselbe Zeitabschnitt zu verstehen sein wird.

Für den V e r l a u f d e r E i s b e w e g u n g war das Tertiärbecken am Nordfuss der Alpen von entscheidender Bedeutung. Dorthin mussten

*) Universitäts-Prof. A. Heim in Zürich hat kürzlich auf Grund von Schotter- und Tonvorkommen an der englischen Ostküste, das dem des Rheins ganz gleich ist, in einem Vortrag dem Gedanken Ausdruck gegeben, dass der Rhein seinen Weg durch Limburg, Nordbrabant nahm und entlang der Küste von Norfolk weiter floss. (Frankfurter Zeitg. v. 20. I. 1905.)

**) Nach Penck und Brückner, S. 119, fehlt im Alpenvorland eine Abtragungstufe, nämlich die des Pliocän; „sie ist nicht zur Entwicklung gekommen, offenbar weil zur Zeit ihrer Entstehung das gesamte Land Zerstörungsvorgängen unterworfen war. Es kann nicht so jähe Höhenunterschiede aufgewiesen haben wie heute, seine Kämme können nicht relativ so hoch aufgeragt haben wie jetzt, seine Täler können nicht so tief gewesen sein, wie die heutigen. Es muss sanfter in seinen Höhen, ausgeglichener in seinen Tälern gewesen sein.“ (Alle diese Anforderungen entsprechen der der Günzeiszeit vorangegangenen Zeit).

zunächst alle abströmenden Gletscher fliessen und erst, nachdem dieses angefüllt war, erfolgte der Ausbruch des Eises nach West, nach Nord und nach Ost (vergl. Fig. 118).



Figur 118.

Der *Zufluss* mag sich etwa folgendermassen gestaltet haben: Aus den mit Eis und Firn bis zum Ueberlaufen angefüllten Falten der Alpen quollen an zahllosen Stellen Eiszungen über und strömten dem Vorland zu. Diese Zungen vertieften die Uebertrittstellen nach und nach, so dass die Gebirgsketten sägeähnlichen Längenschnitt erhielten, und gruben bei ihrem Uebertritt in die weichen tertiären Schichten Schlaglöcher aus, die sich mehr und mehr nach rückwärts gegen den Kern der Alpen einnagten. Auf der Sohle des Meeres angelangt, folgten die Eismassen, soweit sie nicht von anderen aufgestaut wurden, naturgemäss dem in der Regel senkrecht zu der Alpenkette vorlaufenden grössten Gefäll des alten Meeresboden. Dabei benützten sie wohl etwa vorhandene in dieser Richtung streichende Mulden als Leitlinien, tieften sich in diese mehr und mehr ein und gelangten auf diese Weise nach der tiefsten Rinne des Meeresgrunds, die sich jedenfalls streckenweise mit der alten Ueber-Donau deckte. Gewöhnlich wurden die Moränenmassen in der Menge, in der sie durch Abhobelung des Nährbodens anfielen, auch abgeführt, z. B. Jller, Lech u. a. Dadurch wurden in den Voralpen einzelne Ketten (z. B. St. Gallen, Algäu) ganz abgetragen, andere durch Abschleifung stark erniedrigt, durchbrochen und in verschiedene Berggruppen aufgelöst, sowie in dem Vorland von dem mächtigen Eisschub der Günzzeit die obenliegenden weichen Tertiärschichten auf mehrere hundert Meter Tiefe abgeschoben und von den schwächer werdenden Strömen zur Mindeleiszeit die alten Mulden vollends zu den heutigen Talrinnen ausgebildet. Wenn nun aber durch rasche Vertiefung einer Eisübertrittstelle, etwa durch Bruch der Gebirgskette infolge Rückwanderung eines Schlaglochs, oder unter Umständen infolge von Sprengung durch den Druck des Eises, der Inhalt eines grossen eiserfüllten Faltentals zum plötzlichen Erguss gelangte, so wurde, je nach der Grösse der frei gewordenen Eismassen, den Gefällsverhältnissen, sowie der Tiefe und Plötzlichkeit des Durchbruches beim Verlassen der härteren Talwände der Voralpen und beim Eintritt in die jüngeren weicheren Schichten ein mehr oder minder grosser See ausgebohrt. Vor jedem derartigem See legten sich in weitem Bogen die Moränenmassen nieder, weil zu ihrer Fortschaffung infolge der Verbreiterung des Gletschers die schiebende Kraft nicht mehr ausreichte. In der Regel nahm nun das durch den Moränenwall aufgestaute Eis und Schmelzwasser seinen Abfluss mit der Zeit wieder in der bisherigen Richtung (z. B. Tuner-, Brienzer-, Vierwaldstätter-, Züricher-, Ammer-, Chiemsee u. a., sowie die zugefüllten Seen des Inns bei Rosenheim und der Salzach bei Salzburg); ausnahmsweise kann aber auch, insbesondere im flacheren Vorland, der Eismasse ihr seitheriger Weg durch besonders kräftige Moränenablagerungen verlegt und das nachdrängende Eis gezwungen worden sein, seitlich auszubrechen und ein neues Tal auszufurchen. Das scheint beim Boden- und Genfersee

zuzutreffen, wo die ursprüngliche Entwässerung, wie die Richtung der steilwandigen Einmündungsstellen der heutigen Flüsse anzeigt, nach der Donau bezw. Aare erfolgte. Selbstverständlich können diese Durchbrüche von Alpenketten sowie die damit in Zusammenhang stehenden Ausschaufelungen von Seen in der Hauptsache erst nach Abtragung, ja sogar erst nach Festlegung und Austiefung der betreffenden Flusstäler erfolgt sein, sind also in die Riss- und Würmeiszeit zu verlegen (weiteres s. Fünfter Abschn., Anh.).

Das den Alpen im Norden vorgelagerte oben geschilderte Miocänmeerbecken war nun aber zur Aufnahme und länger dauernden Aufstapelung der vom Rhone- bis zum Trauntal ungeheuer breit beifliessenden Eismassen viel zu klein. So kam es, dass nach verhältnismässig kurzer Zeit ein *Abfluss* des Eises eintreten musste. Allein hiefür lagen die Verhältnisse denkbar ungünstig: einmal hatte das Becken eine sehr ungünstige Querlage zur Zuflussrichtung und sodann waren seine Abflusspforten bei Genf und Wien ausserordentlich eng und wurden zudem durch den Stau der an diesen Stellen aus den Alpen hervorbrechenden Eismassen (Arve- Isêre- und Enns-Traisen-Gletscher) gesperrt, so dass ein Weiterfliessen des zuströmenden Eises nach Westen und Osten unmöglich war. Durch diese Umstände wurde die Hauptmasse des Eises genötigt, die Aare bezw. Donau zu überschreiten und das Nordufer des alten Meeres (Schweizerischer-, Schwäbischer-, Fränkischer Jura sowie Böhmerwald) zu erklimmen. Im Westen wanderten die Eisströme nach Ueberquerung des Schweizer Jura hoch über das heutige Saonetal hinweg und brachen durch den von Roanne bis Épinal streichenden Gebirgszug nach Frankreich ein; im Norden wurden sie auf der schiefen Ebene des Schwäbischen Jura und der anschliessenden Gebirge bis zu etwa 1200 m Meereshöhe aufwärts geschoben, um jenseits der deutschen Mittelgebirge in das vorgelagerte norddeutsche Tiefland abzufallen, die dortigen Miocänmeerablagerungen aufzuwühlen und abzuschieben. Im Osten fiel das Eis nach Ueberschreiten des Böhmerwalds in das böhmische Becken ein und fand, nach bordvoller Anfüllung desselben, über Erzgebirge und Sudeten hinweg schliesslich ebenfalls zur norddeutschen Tiefebene Abfluss.

Die Einteilung ist hier so getroffen, dass zunächst ein allgemeiner Ueberblick über die Eisbewegung gegeben wird und sodann die Verhältnisse in Schwaben noch mit besonderer Ausführlichkeit behandelt werden.

Die nachfolgende Darstellung soll in der Hauptsache nur die allgemeinen leitenden Grundsätze aufstellen und keine festen Einzelergebnisse liefern, denn, da es hier unmöglich ist, auf die Sonderbeschreibungen der verschiedenen Länder einzugehen und die Schilderungen somit in der Hauptsache auf Landkarten von kleinem Massstab beruhen, so müssen spätere Berichtigungen vorbehalten bleiben. Entsprechend dem oben Ausgeführten wird nun zunächst der erste Vorstoss der nordalpinen Gletscher-

ströme und sodann das Zusammentreffen und Aneinanderabgleiten des nordalpinen und nordpolaren Eises besprochen werden.

1. Der erste Vorstoss.

Es wird hier der Stoff nach Zufluss zu dem tertiären Meeresbecken und Abfluss aus demselben getrennt, da für diese beiden Vorgänge wesentlich verschiedene Gesichtspunkte massgebend sind, — in ähnlicher Weise wie oben beim südalpinen Gletscher bezüglich des Mittelmeers ebenfalls Zu- und Abfluss je gesondert behandelt wurden.

a) Zufluss zu dem Meeresbecken.

Es ist anzunehmen, dass zur Zeit des Höchststandes der Vergletscherung die einzelnen Eisübertrittstellen der Alpenketten so zahlreich waren und so nahe beieinander lagen, dass die Eiszungen sich unterhalb zu einer grossen Masse vereinigten, die sich nun in breiter Front gegen die Aare bezw. Donau vorschob. Der Einfluss der bestehenden Bodenunebenheiten machte sich jedoch insofern geltend, als das Eis über den *vorhandenen Mulden und Rinnen* grössere Mächtigkeit hatte und daher auch hier eine stärkere Einwirkung auf den Untergrund ausübte. Mit anderen Worten: In den einmal vorhandenen voreiszeitlichen Talmulden war (auch beim Vorschreiten des Eises in zusammenhängender Masse) der Eisschub am stärksten. Man wird deshalb auch, um die Eisbewegung im einzelnen zu verfolgen, sich vor allem an die Lage und Richtung der heutigen Flusstäler halten müssen (vergl. auch S. 9).

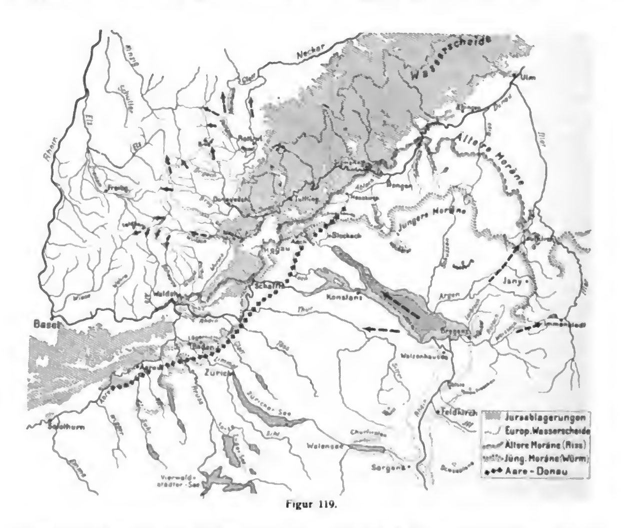
Von diesen Voraussetzungen ausgehend, mögen im folgenden die *heutigen Alpenflüsse* in geordneter Reihenfolge von West nach Ost fortschreitend, der Betrachtung unterworfen werden. Hiebei leuchtet nun ohne weiteres ein, dass die von den Alpenketten der Sohle des halbmondförmig vorgelagerten Meeresbeckens zulaufenden voreiszeitlichen Mulden und Rinnsale, welche die Tagwasser dorthin abführten, die Linie des grössten Gefälls aufsuchten, d. h. senkrecht zur Alpenrichtung verliefen. Da aber das Streichen der Alpen, das vom Genfer- zum Bodensee ein nördliches ist, vom Bodensee ab in reine West-Ostrichtung übergeht, so müssten demnach die ursprünglichen Flusstäler zwischen Genfer- und Bodensee nord-westliche, von da an nördliche Richtung gehabt haben. Inwieweit die heutigen Flussläufe diese Voraussetzung noch erfüllen, soll im folgenden näher untersucht werden.

Bezüglich der *Einteilung* sei bemerkt, dass zunächst die schweizerischen Flüsse als zusammengehörig behandelt werden sollen, sodann der Bodensee mit seinen Zu- und Abflussverhältnissen und schliesslich die Flüsse der schwäbisch-bayrischen Hochebene.

Die schweizerischen Flüsse, welche der Nordwestseite der Alpen entströmen, weisen übereinstimmend mit der obigen Aufstellung in der Hauptsache nord-westliche Richtung auf.

Hieher gehören die *obere Rhone* (von Martigny bis Genfer See), *obere Aare, Emme, Reuss, Limmat, Glatt, Töss, Tur* (letztere ist durch den risseiszeitlichen Gletscher des Rheins vollständig nach Westen gewendet worden) u. a. Auch die Seen dieses Teils der Schweiz, soweit sie nicht etwa noch zwischen den Falten selbst liegen, zeigen obige Richtung, so Tuner-, Vierwaldstätter-, Sempacher-, Hallwyler-, Zuger-, Züricher-, Greifensee. Es ist damit die Richtung des abströmenden Eises aufs deutlichste angegeben.

Die tiefste Rinne in dem alten Meeresboden, nach der alle diese Flüsse strömen, ist die heutige *mittlere Aare* (vergl. Fig. 119). Genau wie die



Figur 119.

Donau im Norden der Alpen legt sich auch dieser Fluss unmittelbar an die nord-westliche Grenze der miocänen Tiefsee, den Fuss des gefältelten Schweizer Jura. Bedenkt man nun, dass der Durchbruch der Rhone zwischen den Alpen und dem Schweizer Jura bei Genf (vergl. S. 100), die Ausfurchungen des

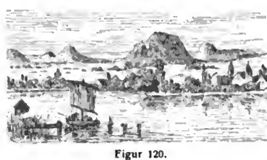
Genfer-, Neuenburger- und Bieler Sees, die Durchbrüche der Aare, Reuss und Limmat durch die Juravorberge der Lägern, sowie die Durchbrüche der Aare (südlich von Waldshut) und des Rheins (bei Schaffhausen) durch die Hauptkette des Jura (vergl. S. 135) zu Beginn der Eiszeit noch nicht bestanden, dass vielmehr der Jurarücken ohne Unterbrechung (für deren Annahme ja auch vom gebirgsbildenden Standpunkt aus durchaus kein Grund besteht) von Genf bis Regensburg fortlief, also einen zusammenhängenden Zug bildete, so liegt der Gedanke sehr nahe, dass die Aare als voreiszeitliche oberste Donau zu betrachten ist, dass das ganze alte Meeresbecken von Genf an sich nach Wien entwässerte und somit alle Zuströmungen aus den Alpen der heutigen niederungarischen Tiefebene zugeführt wurden. Die Verbindungstrecke zwischen Aare und Donau müsste natürlich ganz südlich des Jurazugs verlaufen sein, also etwa von der heutigen Aare oberhalb Aarau abzweigend, südlich der Lägern vorbei, entlang der nord-südlichen Rheinstrecke bei Schaffhausen mit Benützung der Ablach zum heutigen Donaulauf. Das breite, versumpfte Obertal der Ablach, das beim Bahnhof Schwackenreute ohne nennenswerte Erhebung der Wasserscheide ins rheinische Gebiet übergeht, sowie die Trockentäler des Hegaus bekräftigen diese Vermutung.

Den Uebergang von den schweizerischen zu den schwäbisch-bayerischen Flusstälern bildete die Furche des Bodensees. Der Rhein floss nach allgemeiner Annahme zur Günzeiszeit über den Walen- und Zürichersee durch das Limmattal ab; die Durchbrüche bei Schaffhausen und Sargans haben sich erst zur Riss- und Würmeiszeit ausgebildet (vergl. Fünfter Abschnitt).

Legt man sich nun die Frage nach der Gestaltung der Abflussverhältnisse der Bodenseegegend vor dem Klettgau-Durchbruch des Rheins bei Schaffhausen, vor der Ausfurchung des Bodensees und vor der Niederlegung der mächtigen riss- und würmeiszeitlichen Moränen in der Nordschweiz und in Süddeutschland vor, so fällt vor allem das, einen Durchmesser von 30 km aufweisende, weit nach Süden ausgebauchte Schlagloch des oberen Neckars bei Rottweil auf (Weiteres s. III. B. 3). Wenn man sodann weiter in Betracht zieht, dass die eben besprochenen Flüsse der Schweiz nord-westlichen Lauf haben, dass die Bregenzer Ach, sowie die Tiefenkurven des allerdings später entstandenen Boden- und Ueberlingersees dieselbe Richtung zeigen, dass diese Richtung sich in dem Tale der Stockach und ihres rechtseitigen Nebenflusses, des Krebsbachs, noch um ein Beträchtliches gegen Nordwesten fortsetzt und dass ihre Verlängerung das genannte Schlagloch trifft, so sollte man glauben, dass die günz- und mindeleiszeitlichen, dem Bregenzerwald und der Säntisgruppe entstammenden Gletscherströme einer damals vorhandenen *nord-westlichen Talmulde* gefolgt sind, die in ähnlicher Weise wie Reuss, Limmat, Tur u. s. w. sich bis zur Abflussfurche des Meeresbeckens erstreckte. Wäre nun diese Abflussfurche in jener Gegend über der heutigen Donau verlaufen, so müssten sich

noch Spuren der Fortsetzung des genannten Tals durch den Jura hindurch bis in die Gegend von Tuttlingen vorfinden. Daraus, dass dies nicht der Fall ist, läst sich eine mehr gegen Süden vorgerückte Lage der alten Abflussfurche folgern, d. h. das Bestehen der oben beschriebenen Aare-Donau entlang dem südlichen Jurahang. Zu der Annahme einer derartigen Talmulde berechtigt aber auch die Höhenlage verschiedener, erhalten gebliebener Gebirgstöcke und Inselberge, deren Zugrichtung der Richtung des alten Tals entspricht (Pfänder 1056 m, Schloss Waldburg 772 m, Höchster bei Heiligenberg 837 m) und die als Reste des alten Talhangs zu betrachten sind. Wenn hingegen an Stelle des heutigen Bodensees etwa ein Tal parallel zum Jller- und Lechtal vorhanden gewesen wäre, so wäre offenbar kein Grund einzusehen, weshalb die Eismassen (insbesondere auch in späterer Zeit das Eis der Rheintaldurchbrüche) dieses Tal nicht ebenso erweitert und vertieft hätten, wie es bei jenen beiden Tälern geschah.

In diesem Uebertal zum Boden- und Ueberlingersee fand nun bis zu dessen Mündung in die damalige Aare-Donau zweifellos ein mächtiger *Eisschub* talabwärts statt. Infolge der zur Abflussrichtung ungünstigen Querlage des Tals stauten sich die Eismassen mehr und mehr, überschritten schliesslich den linkseitigen Talhang der Aare-Donau, entkleideten die Berge des Hegaus*) (Fig. 120) ihrer Ueberdeckung und Ummantelung, schoben sich juraaufwärts und gelangten so in breiter Front zur heutigen Donau. Infolge des Aufstaus war es den Eismassen aber auch möglich, schon unterwegs grössere Uebereichzungen über den rechtseitigen Talhang hinweg zur Donau abzusenden. Eine solche ging weissachaufwärts durch den Alpsee bei Jmmenstadt zur Jller, andere rotach- und laiblachaufwärts über Isny—Leutkirch zur Aitrach-Jller, sowie schussenaufwärts zur Riss, wieder andere in den Tälern der Kanzach und Schwarzach abwärts und ein Hauptarm in der Furche der Aare-Donau selbst abwärts, wo wohl (wie bereits bemerkt) die heutige Ablach diesem alten Flusslauf entspricht. Alle diese aus dem Vorhandensein von Tälern und Talfurchen gezogenen — wohl manchem Leser zu gewagt erscheinenden — Folgerungen können vielleicht niemals mehr mit völliger Sicherheit bewiesen werden, weil die günz- und mindeleiszeitlichen Vorgänge sich in Schichten zugetragen



Figur 120.

*) Süss, S. 263. „O. Fraas hat die Meinung ausgesprochen, dass so steile Massen wie der Twiel in der Asche selbst erstarrt seien; in der Tat sieht man an demselben, und insbesondere an seiner Westseite (im Eisschatten) beträchtliche Teile der alten Aschenhülle, und die scharfe Erhaltung des Umrisses der zartesten sechseckigen Glimmerplättchen zeigt, dass die Asche seit ihrer Aufschüttung nicht umgewaschen worden ist."

haben, die längst vollständig abgetragen sind, und weil die letzten Reste der Täler, die zu Ende der Mindeleiszeit vorhanden waren, durch die zur Riss- und Würmeiszeit eingetretenen katastrophenmässigen Uebermurungen bis zur Unkenntlichkeit zugeworfen und umgestaltet wurden (vgl. Anhang).

Entsprechend der veränderten Zugrichtung der Alpenketten, welche vom Bodensee an west-östlich streichen, wäre bei den schwäbisch-bayerischen Flüssen die Süd-Nordrichtung als Linie des stärksten Gefälls zu erwarten.

Die hier in Betracht kommenden Flüsse sind: *Jller, Lech, Amper, Loisach, Isar, Inn, Traun* (vergl. Fig. 117 und 118). Ein Blick auf die Karte zeigt nun sofort, dass nur ein Teil dieser Flüsse rein nördlich fliesst, wogegen die anderen, sobald sie die Alpenfalten hinter sich haben, in ihrem Oberlauf zwar nördliche Richtung verfolgen, in ihrem Unterlauf dagegen, je näher sie an der Wiener Durchbruchstelle liegen, umsomehr nach Osten abgelenkt erscheinen. Die Jller, als der westlichste der Flüsse, hat die nord-südliche Richtung voll beihalten, nur auf der letzten 8—10 km langen Mündungstrecke floss das Eis, von dem der oberen Donau beiseite gedrückt, etwa 5 km östlich an Ulm vorbei. Beim Lech fand zwar ebenfalls keine Ablenkung des ursprünglichen Flusslaufs mehr statt, dagegen sind die Spuren, dass Teile des Lecheises kurz vor der Mündung in die Donau noch nach Osten ausbrachen, wesentlich stärker als bei der Jller; diese Teile furchten das Tal der Paar aus und erzeugten südlich von Neuburg das Schlagloch Donau-Moos, vermochten jedoch — wie an der Jller — nicht mehr eine so tiefe Rinne zu schaffen, dass der Fluss später dieser gefolgt wäre. Dagegen weist die Amper vom Ammersee an, sowie die Isar von Freising, der Inn von Mühldorf, die Traun von unterhalb Gmunden ab je eine starke Knickung nach Osten auf. Diese Umbiegung der Flusstäler ist wohl erst ein Erzeugnis der Mindeleiszeit und dürfte ihren Grund in der fortschreitenden Erweiterung der Durchbruchstelle bei Wien haben, wodurch das Ueberfliessen des Eises gegen Norden nach und nach aufhörte und eine stärkere Abflussströmung nach Osten geschaffen wurde. Eine Folge der Flussumbiegungen war eine Rückstauung des Eises in den geknickten Tälern, woraus die Absendung von Uebereichströmen jeweils aus dem höher liegenden nach dem nächst unterhalb gelegenen Paralleltal zu erklären ist, (z. B. vom Lech zur Isar, von der Isar zum Inn u. s. w.).

Besondere Beachtung verdient ferner der Umstand, dass die *Donau* ihr Bett bei Neuburg und Kelheim in die Felsen des Jura und von Hofkirchen unterhalb Straubing ab bis in die Gegend von Krems in Niederösterreich hoch auf die Berglehne des böhmischen Gneismassivs legte, sich nach und nach in diese Gebirge eintiefte und die nur wenig südlich von den heutigen Durchbruchstellen gelegenen weichen, miocänen Schichten

mied. Diese merkwürdige Erscheinung ist wohl darauf zurückzuführen, dass die mächtigen Eismassen des Lech, der Isar und des Inn sich bis an die Felsmassive vorschoben und sich dort derart anpressten, dass das von der oberen Donau zufliessende Gletschereis entsprechend gestaut und gezwungen wurde, teilweise über die Berglehne hinweg, einen Weg nach Osten zu suchen*). Der Eispfropfen blieb dann offenbar den Felsmassiven sehr lange vorgelagert; denn nach seiner schliesslichen Abfuhr hatte sich das Donaueis bereits so tief eingenagt, dass es sein neues Tal nicht mehr verlassen konnte. Das Festsitzen wurde wohl hauptsächlich bedingt durch die stetigen Zuströmungen, welche die Donau auf ihrem weiteren Laufe durch Oesterreich aus den Tälern der Traun, Enns, Traisen und Leitha erhielt. Natürlich ist dieser Aufstau in eine frühere Zeit zu verlegen als der oben erwähnte Vorgang des Umbiegens der Flussläufe, welcher erst nach Erweiterung der Wiener Pforte eintreten konnte.

b) Abfluss aus dem Meeresbecken.

Der Abfluss der Eismassen aus dem Tertiärbecken war selbstverständlich von ganz anderen Verhältnissen beeinflusst als der Zufluss. Während nämlich für diesen der Nährboden des Gletschers, die Alpenkette, massgebend war, hing jener von der Gestaltung der im Norden des Meers gelegenen Gebirge ab. Die eingedrungenen Eisströme fielen sich in den mächtigen, weichen Ablagerungen tot (vergl. Vierter Abschnitt), d. h. sie verloren ihre Führung und ausgesprochene Stromrichtung und vereinigten sich in dem Becken zu einer ungeheuren Masse, die schliesslich über die den nördlichen Uferrand bildenden Gebirge ausbrach. Entsprechend der Zusammengehörigkeit dieser einzelnen Gebirgszüge soll hier die *Einteilung* derart getroffen werden, dass zwischen Westen, Norden und Osten unterschieden wird; dabei mögen die Grenzpunkte der Abteilungen etwa bei Waldshut und Regensburg angenommen sein. Der westliche, den Schweizer Jura überschreitende Teil würde sich also mit der obigen Unterabteilung der „schweizerischen Flüsse“ decken, während die beiden anderen Teile übereinander übergreifen, was einesteils mit den (in III. B. 3 des näheren geschilderten) Durchbrüchen des schwäbisch-fränkischen Jura zusammenhängt, andernteils durch die Richtungsänderung bedingt ist, welche die Eismassen beim Anprall an dem hohen Böhmerwald erfuhren.

Die im Westen den Schweizer Jura überschreitenden Eismassen wurden schon unter „Südalpiner Gletscher“ (S. 100) behandelt, weil dieses Eis mit der Zeit seinen ganzen Abfluss nach dem Mittelmeer nahm. Auch

*) Durch den Aufstau bei Neuburg wurde das Donaueis zeitweise ins Schutter- und Altmühltal gedrängt. Aehnliche Vorkommnisse wurden auch bei der Donau in Württemberg an der Riss-, Stehenbach- und Ablachmündung beobachtet, wo das Eis bei Ehingen, Munderkingen und Riedlingen Talrinnen durch den Jura gebrochen hat.

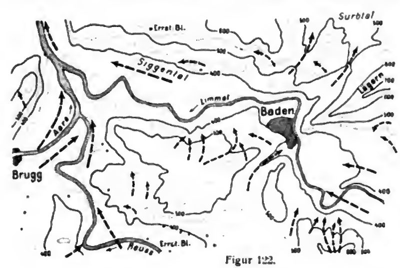
über die Rolle, welche Rhone, Ognon und Saone bei dem Vorgang spielten, ist bereits gesprochen worden. Dagegen dürfte es angezeigt sein, auf zwei eigentümlich verlaufende und eine bemerkenswerte Aehnlichkeit aufweisende Flüsse noch näher einzugehen: Doubs und Aare-Rhein.

Der *Doubs* fliesst zunächst von seinem Ursprung an nach Nordosten (entlang dem Zug des Gebirgs), biegt dann plötzlich beinahe um 180 Grad um, fliesst nach Südwesten, wendet sich darauf nach Norden und macht nach kurzem Lauf nochmals eine Wendung um 180 Grad, um wiederum der Streichungsrichtung des Gebirgs folgend nach Süden weiter zu fliessen (vergl. Fig. 121). Dieser merkwürdige Lauf findet sofort seine Erklärung, wenn man bedenkt, dass der Schweizer Jura ein Faltengebirge darstellt, das von Südwest nach Nordost streicht. Die aus der Zentralschweiz überquellenden Eiszungen mussten daher die einzelnen Falten überqueren. Dabei mögen sie bei einer besonders tiefen oder vertieften Falte auf längere Strecken dieser entlang geschoben worden sein, bis sich eine günstige Uebertrittstelle zum Einbruch in die nächste Falte fand, wo sich das Spiel wiederholte.



Figur 121.

Genau dasselbe Verhältnis scheint bei *Aare-Rhein* zu bestehen. Ein Teil des aus den Berner Alpen zufliessenden Eises wurde zunächst in die Furche des heutigen mittleren Aaretals (der früheren Abflussfurche des tertiären Meeresbeckens) dem Jura entlang geschoben. Oberhalb der Stelle, wo die Eismassen der bei Olten mündenden Wigger die Aare senkrecht trafen, entsandte diese über Oensingen ein mächtige Uebereichzunge quer über die dortigen Jurafalten; als aber in der Nähe von Brugg und Baden die überaus starken Eismassen der Reuss und Limmat (Rhein) die Aare ebenfalls senkrecht trafen, wurde das gesamte Aareeis nach Norden abgelenkt und der vorgelagerte Juraausläufer Lägern von den 3 Flüssen, — je getrennt, aber in einer gegenseitigen Entfernung von nur wenigen Kilometer — überschritten*). Unterhalb dieses Hindernisses vereinigten sie



Figur 122.

*) In Figur 122 sind die Höhenlinien des unteren Limmattals zwischen Brugg und Baden samt der anschliessenden Lägern gezeichnet, die den östlichen Ausläufer des gefältelten Schweizer Jura darstellt. Die mächtigen Gletschermassen der Aare, die vom Reuss- und Limmateis in ihrem freien Abfluss behindert wurden, brachen beiderseits über die Erniederigungen der Talhänge des heutigen Aaretals aus, stauten zugleich den Gletscher des Reusstals, dessen

sich zu einer gewaltigen Masse und durchbrachen nun südlich von Waldshut die Hauptkette des Jura in der Richtung der 3 hier zusammentreffenden Kräfte (Fig. 118u. 119). In gleicher Weise wie der Doubs wandte sich sodann das hier ausbrechende Eis in der nächsten Falte (entlang dem heutigen Rheinlauf) annähernd gegen Westen bis Basel, nahm dort die unmittelbar über den Jura ausgetretenen Eiszungen der Ergolz und Birs auf, machte genau dieselbe Knickung, wie sie am Doubs beobachtet wird, gegen Norden und floss unter nochmaliger Umbiegung nach Südwesten anfangs über Mühlhausen und die burgundische Pforte*) in den Doubs ab, weil ein weiterer von Belfort gegen Freiburg quer durch das heutige Rheintal ziehender Jurarücken vorerst noch den Erguss in die Rheintalsenke verhinderte. Erst später wurde dieser Riegel durchbrochen und damit das Aare-Reuss-Limmateis der mittleren Rheintalsenke zugeführt, über die weiteres S. 144 angegeben ist. Zum richtigen Verständnis ist anzufügen, dass die Oberfläche des Eises zur Günzeiszeit und somit auch jener (wahrscheinlich wie der Schweizer Jura von Tertiärschichten überlagerte) Jurarücken zwischen Belfort und Freiburg wohl mit etwa 11—1200 m Meershöhe angenommen werden muss, weil das Eis den Schweizer Jura, abgesehen von den höchsten Gipfeln (1600—1700 m), überflutete und durch die Hochtäler der Südvogesen (Belchen 1426 m) ins obere Saone- und Moselgebiet übertrat.

Die im N o r d e n abströmenden Eismassen umfassen die Gletscher des Rheins nördlich von den Churfirsten, der Bregenzer-Ach, der Jller, des Lech, der Isar, sowie auch Teile des früher nördlich fliessenden Inneises.

Der *Abflussvorgang im allgemeinen* mag sich wohl in folgender Weise gestaltet haben: Die von Waldshut bis Regensburg in breiter Front einherfliessenden Eismassen, deren Oberfläche bei etwa 2—500 m Mächtigkeit eine Meereshöhe von 11—1200 m gehabt haben mag, wurden durch die Leitlinien der beiden Gebirgszüge Schwarzwald - Odenwald — Spessart — Rhön im Westen, sowie Böhmerwald — Fichtelgebirge — Frankenwald — Türingerwald im Osten, die nach der oberen Werra spitz zulaufen, zunächst nach dieser Richtung hingewiesen (vergl. Fig. 117 und 123). Unter normalen Verhältnissen hätte sich hier eine breite Abfluss-



Figur 123.

Eis zum teilweisen Uebertritt ins Limmattal gezwungen wurde, sowie den der Limmat, der die charakteristischen Schlaglöcher von Baden auskolkte und seinerseits durch die Jurafalten kleine Umgehungszungen nach Norden weiterschickte, die das dortige Surbtal als Schlagrinne schufen. Ob dem Siggental liegen diluviale Ablagerungen und erratische Blöcke auf der 600 m hohen Hochfläche.

*) Diese Ausbruchstelle wird heutzutage von dem Rhein-Rhonekanal benützt.

rinne (ein zweites Adriatisches Meer) bilden müssen. Da aber dieser nach Norden gerichtete Abzug dem Polareis gerade entgegen lief, gelang es nur einem Teil des Eises hier durchzubrechen und dieser war nicht im stande, die enge Werrapforte wesentlich zu erbreitern. Die Hauptmasse des Alpeneises war daher gezwungen, andere Abfuhrwege zu suchen. Das Riesenschlagloch Frankfurt—Aschaffenburg, die Wetterau, sowie die Doppeleinsackung zwischen Odenwald und Schwarzwald bezeichnen die gefundene Abflussrichtung. An diesen Stellen wurde die wegen der dahinter gelegenen Rheintalsenke weniger widerstandsfähige westliche Gebirgskette durchbrochen und dadurch dem hoch aufgestauten Eis Luft geschaffen. Der Hauptabfluss des Eises ging damit nach dieser Richtung, während der östliche Gebirgszug — gestützt durch den als Strebepfeiler wirkenden Sporn des Erzgebirges — in seinem ganzen Zusammenhang erhalten blieb. Von den genannten Einbruchstellen nach der Rheintalsenke aus sind die beiden Schlaglöcher nach rückwärts gegen Süden und Osten gewandert und haben in Schwaben und Franken am heutigen Steilabfall des Keupers, sowie an dem Abbruch des schwäbischen und fränkischen Jura zeitweise kürzeren Halt gemacht. Die vollständige Ausschaufelung des ganzen Neckar- und Maingebiets vom Schwarzwald bis zum Fichtelgebirge in der S. 29 ff geschilderten Weise ist das Werk dieser Eisströme, deren Hauptzuflussrichtung aus der Rieseneinbuchtung des fränkischen Jura mit ihrer starken Erniederigung zwischen der Wörnitz und Altmühl aufs deutlichste und unanfechtbarste zu ersehen ist (vergl. S. 14). Im Norden wurden sodann durch das ausbrechende Eis alle die einzelnen Gebirgstöcke ausgemodelt, wie Spessart, Rhön, Vogelsberg und weiterhin Taunus, Westerwald, Rothaargebirge u. s. w., wogegen, wie schon erwähnt, der Türinger-, Franken- und Böhmerwald als Ganzes stehen blieb und nur von einzelnen grösseren oder kleineren Eiszungen durchschnitten wurde. Besonderer Hervorhebung bedarf hier hauptsächlich noch der Umstand, dass jedes Schlagloch, ja sogar, wie dies an den Beispielen im Kocher-, Altmühl-, Fils- und Neckartal (S. 29–42) gezeigt wurde, jede Klinge und Runse an den beiden genannten Steilabfällen auf die mehr oder minder reichliche Zufuhr von Eismassen durch die rechtseitigen Nebenflüsse der Donau zurückzuführen ist (vergl. Fig. 118). So erzeugte das Eis des heutigen Bodenseegebiets den Wutachdurchbruch und insbesondere den Kessel des oberen Neckars, das Jllereis die Täler von Fils, Rems, Murr und oberem Kocher, das Lecheis die Knickung des Kochers und der Jagst, sowie das Taubertal und das vereinigte Isar-Inneis endlich die Riesenauskolkung der Regnitz und des oberen Mains. Wie sich diese Abflussverhältnisse im einzelnen gestalteten, möge nun kurz an den Hauptflüssen dargelegt werden.

Die von der Nordostschweiz und dem Bregenzer Wald hoch über der Mulde des heutigen Bodensees zuströmenden Gletschermassen trugen im

Südwesten wohl schon frühzeitig zum Juradurchbruch der *Wutach* bei*), indem das von Immendingen donau- und aitrachaufwärts geschobene Eis einesteils zum heutigen Untertal der Wutach ausbrach und dieses in der Trias gelegene Tal rasch vertiefte, andernteils im heutigen Obertal der Wutach weiterging und die Ausfurchung der Täler der Steina, Schlücht, Alb, Wehra und Wiese anbahnte. Mit Rücksicht auf die weichen Schichten des Keupers, Anhydrits und Bundsandsteins, die sich von Zollhaus-Weizen entlang dem heutigen Rheintal bis Basel hinziehen, ist es sogar sehr wahrscheinlich, dass die Wutachzunge den ersten Anlass zum Aaredurchbruch gegeben hat, indem sie hinter der Jurakette eine Senke schuf, in die das Aareeis alsdann überfiel.

Andere Teile dieses Eises überschritten das heutige Donautal und schufen unter Benützung der Täler der Breg, Brigach, Elta, Prim, Beera das grosse Schlagloch des oberen *Neckars* bei Rottweil, entsandten Uebereiche nach Westen, welche die Täler der Dreisam**), Elz, Kinzig, Rench, Acher, Bühl, Oos ausfurchten, wendeten die west-östlich streichenden Furchen der Ueber-Murg***) bei Baiersbronn und der Ueber-Nagold bei Nagold zu süd-

---

*) In welchem Masse bei dem Wutachdurchbruch, bei der Ausfurchung des Hegaus und der Konstanzer Gegend die Schwarzwaldgletscher beteiligt waren, bedarf genauer örtlicher Untersuchungen. Es ist einleuchtend, dass die dem Feldbergmassiv entströmenden, südwärts gerichteten Eisströme mit den alpinen Gletschermassen zusammentreffen, von letzteren als den mächtigeren gestaut und zum seitlichen Ausbruch gezwungen werden mussten.

**) Steinmann, Dr. G. und Graeff Dr. Fr., Geologischer Führer der Umgebung von Freiburg, 1890, S. 75. „Die Nagelfluh von Alpersbach, die sich nördlich vom Feldberg in rund 1000 m Meereshöhe unmittelbar auf Gneis aufgelagert vorfindet und gewissermassen am Talhang klebt, besteht aus einem teils in gelblichem Lehm eingebackenen, teils durch Kalksinter miteinander verkitteten Gerölle von Gneis, Porphyr und allen widerstandsfähigen Gesteinen vom Buntsandstein an bis zum braunen Jura, das nur unvollkommene Rundung zeigt und von einer dünnen Schutt- oder Verwitterungsdecke überlagert wird. Die Nagelfluh wurde in unanfechtbarer Weise als jungtertiäre und vordiluviale Ablagerung bezeichnet. An eine glaziale Entstehung derselben könnte nur dann gedacht werden, wenn der Nachweis erbracht würde, dass eine der diluvialen Zeit vorausgegangene Vergletscherung des Gebirgs überhaupt existiert hätte."

(Auch diese Erklärung stimmt mit den Grundlagen der gegenwärtigen Druckschrift vollständig überein. Die Ablagerungen sind Moränenreste des günzeiszeitlichen Gletschers, der das Dreisamtal ausfurchte, nachdem er die heute nur noch rund 900 m hohe Wasserscheide bei Hinterzarten überschritten. Aus dem Vorkommen vom Jura darf dabei nicht gefolgert werden, dass der Feldberg von solchem überlagert war. Die geringe Rundung der Geschiebe lässt schliessen, dass sie nicht weit her befördert wurden; ihre Höhenlage von 1000 m zusammengehalten mit der 900 m hohen Wasserscheide erlaubt höchstens den Schluss, dass die Schichten des braunen Jura an diesem Teil des Schwarzwalds in höchstens 1000 m Höhe ausgekeilt sind, wobei es übrigens auch möglich ist, dass die Reste des braunen Jura vom Eis aus tieferen Lagen hieher geschoben wurden.)

***) Hornisgrinde (1163 m) und einige weitere Einzelberge von annähernd gleicher Höhe mögen wohl nicht mehr von dem alpinen Eis überflossen worden sein. Hingegen weisen Kniebis in 950 m, Ruhstein in 913 m, Eckle in 955 m Höhe deutlichste Spuren eines mindestens 100 m mächtigen Eisübertritts auf. Ueberhaupt zeigt ein Blick von der Höhe der europäischen Wasserscheide des Schwarzwalds nach der einen Seite langgestreckte Höhenzüge ohne nennenswerte Einschläge, nach der anderen eine grosse Zahl perlschnurartig an- und kulissenartig hintereinander gereihte, zuckerhutähnliche Inselberge, welche

nördlichen Quertälern um, gaben Anlass zur Bildung der Täler der oberen Enz und Alb und flossen zwischen Schwarzwald und Stromberg durch das heutige Pfinzgau in der Nähe von Pforzheim der Rheintalsenke zu.

Das Eis der Jller (samt Günz und Mindel) wurde durch die Täler der Blau (Herrlinger Lauter) Brenz, Egau über die Schwäbische Alb geschoben, furchte die Talrinnen der *Fils, Rems, Murr,* sowie des *Oberlaufs von Kocher und Jagst* aus und war die wesentliche Ursache des tief eingreifenden Neckardurchbruchs zwischen Plochingen und Cannstatt. Durch den Aufstau des Fils- und Remseises an dem Neckartalgletscher entstand eine grosse Zahl von Eisübertrittstellen von der Fils zur Rems und von der Rems zur Murr. Die rund 700 m hoch gelegenen Lehme mit Kieselknollen, die auf den nördlichen Teilen des Härtsfelds und Aalbuchs abgelagert und in den geognostischen Atlasblättern von Aalen und Heidenheim mit Dk bezeichnet sind, entsprechen daher wohl den letzten Resten der spätgünzeiszeitlichen Grundmoräne dieses Gletschers.

Der von der Donau aus in der Hauptsache im Tal der Eger, Wörnitz und der oberen Altmühl (von Steppberg und Dollnstein) weiter geschobene Gletscherstrom des Lech entkleidete das Ries*) seiner weichen Ueberdeckungen,

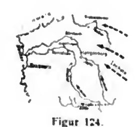
---

die gewaltsame Abtrennung durch Eiszungen aufs klarste erkennen lassen; dieser scharfe Unterschied zwischen der Neckar- und der Rheinseite kennzeichnet am besten die Verschiedenheit der Wirkungen aufwärtsgeschobenen und abfallenden Eises ganz ähnlich wie bei der Schwäbischen Alb.

*) Süss S. 260. „Rings um den Rand des Kessels (des Rieses) ist altes Gebirge bis auf eine nicht geringe Entfernung von demselben verstürzt und zerbrochen."

S. 262. „Den Einbrüchen ist aber, wie in so vielen Senkungsgebieten, ein anderer Vorgang, und zwar, wie es scheint, hier *erst viel später,* nachgefolgt, nämlich die Ueberschiebung einzelner Gebirgsstöcke über andere. O. Fraas hat eine solche Ueberschiebung auf einer geschliffenen und gestriemten Oberfläche von weissem Jura γ bei dem Tunnel von Lauchheim westlich vom Ries (Eisabzugsrille) nachgewiesen und später hat Deffner die Ueberschiebung einer grossen Masse von braunem und etwas weissem Jura noch näher am Ries, nämlich am Buchberge bei Bopfingen (in der nämlichen Eisabzugsrille) auf das genaueste festgestellt. Die geschliffene Ueberschiebungsfläche gehört auch hier dem weissen Jura γ (d. h. der glattesten Gleitfläche) an; die Richtung der Bewegung war (der Bewegung des Eises entsprechend) Ostnordost-Westsüdwest, und es wurde ermittelt, dass die scheuernden Quarzkörner auf dieser Fläche nicht aus dem überschobenen braunen Jura stammen, sondern aus einer Sandablagerung, welche wahrscheinlich *jünger* ist als die Tertiärformation."

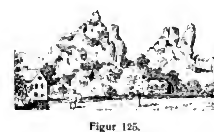
Zu dem auf der 36. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins im Jahr 1903 gehaltenen Vortrag des Prof. Dr. E. Fraas wäre anzufügen, dass das ganze Ries von dem wörnitzaufwärts geschobenen Lecheis mehrere hundert Meter tief abgetragen wurde, dass dieser Riesengletscher wohl die Kraft hatte, ganze Berge zu versetzen und alle die Massen bergan zu schieben, ohne die Schichtenkomplexe zu lösen. Nach dem Vortrag sind die Braun-Jurashollen vom Weiss-Jura durch eine grundmoränenartige Zwischenlage getrennt, die auf einer glatten und geschrammten Unterlage ruht. Nach den auf der nämlichen Versammlung von Prof. Dr. Endriss gemachten Mitteilungen besteht in dem unweit des Rieses auf dem Härtsfeld gelegenen Ort Dunstelkingen der Untergrund aus 3,5 m mächtigem Lehm, unter welchem 7 m mächtige Weiss-Jura-Trümmer liegen, die ihrerseits wieder auf mindestens 1 m starkem bläulich-grünlichem Letten liegen, der runde' bachgeröllartige Steine enthält und als Liegendes eine schwarze, graphitähnliche, lettige Masse aufweist. Aus all diesen Umständen erhellt, dass Prof. Koken das Richtige getroffen hat, wenn er für die ausserhalb des Rieses liegenden Schollen eine postmiocäne



Figur 124.

deren letzte Reste wohl als Lauchheimer Breccie und als Goldshöfer Sande noch vorhanden sind, verursachte die verschiedenen Knickungen von *Kocher und Jagst* gegen Westen*) (vergl. Fig. 124), um zwischen Heuchelberg und Odenwald dem Rhein zuzufliessen, und schuf andererseits die Abflussrille der *Tauber* und im Verein mit dem Isareis die des *mittleren und unteren Mains,* um in der Wetterau ebenfalls in den Rheingraben zu münden.

Der Isargletscher endlich, sowie Teile des Inneises bewegten sich in der S. 31 beschriebenen Weise in den Tälern der unteren Altmühl (und ihrer Nebenflüsse Schwarzach, Sulz und Laber) aufwärts, schufen zur Günzeiszeit die mächtige halbkreisförmige Auskolkungsbucht der Regnitz zwischen Bamberg-, Nürnberg- und Gunzenhausen, die einen Durchmesser von 80 km hat, und drangen zur Mindeleiszeit hauptsächlich in den Talfurchen der *Rednitz—Regnitz* und der oberen (nord-südlichen) *Pegnitz* zum *oberen Main* vor. Von der Pegnitz fielen Uebereichzungen gegen Westen zur Regnitz ab, die das Tal der Wiesent ausfurchten und jene prächtigen Felsengebilde der fränkischen Schweiz (Muggendorfer Gebirge, Fig. 125) schufen; die Hauptmasse des Eises aber durchbrach die obere Wasserscheide der Pegnitz, deren Abflussrinne heute in rund 500 m Meereshöhe ohne jegliche Erhöhung im seeerfüllten Tal bei Schnabelwaid in die des Roten Mains übergeht, und höhlte im weiteren Verlauf, von Osten her durch Eis aus der Naab verstärkt, das Schlagloch von Bayreuth aus.



Figur 125.

Der Hauptabfluss des Inneises ging durch das *Naabtal,* von dem es (entsprechend der Zuflussrichtung) anfangs über das Fichtelgebirge (mit etwa 1000 m Meereshöhe) ins Tal der nur 10 km entfernten *Saale* übertrat, während nach West und Ost Uebereichzungen zum *Weissen Main* sowie zur *Eger* (s. S. 145) ausbrachen. Mit der allmählichen Vertiefung des Main- und Egertals hörte der Uebertritt zur Saale schliesslich auf und das Eis floss nur noch nach den beiden letztgenannten Flüssen ab. In ganz derselben Weise wie bei der Pegnitz geht das Tal der Fichtelnaab in etwa 850 m Meereshöhe ohne Trennungswand in breiter, ebener, seeerfüllter Tal-

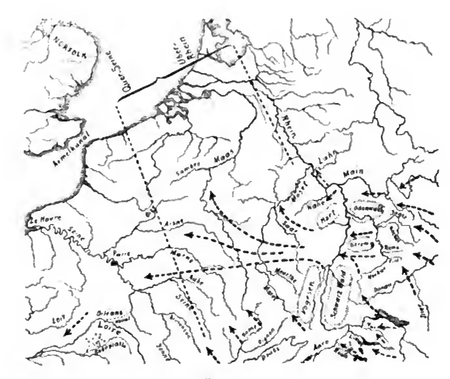
Bewegung annimmt und sie auf glazialen Schub zurückführt. Hieraus ergibt sich als selbstverständlich, dass, wie Fraas festgestellt hat, die Geschiebe und dislozierten Massen eine Abhängigkeit von den heutigen Tälern haben und dass die Täler sich ebenso selbstverständlich erst nach der Einsenkung des Rieses, die im oberen Mittelmiocän stattfand, als Eisrillen gebildet haben.

*) Die Knickungen des Unterlaufs der beiden Flüsse wurden wohl von Lech- und Isar- (Main- vergl. Verhältnisse in Schwaben) Eis gemeinsam geschaffen.

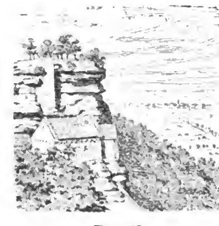
strecke in das Tal des Weissen Mains über, in dem sich unterhalb des Bads Berneck, da wo der Fluss aus dem Gneis in den Keuper austritt, wieder eine grosse Auskolkungsbucht anschliesst. Die Gesamtmassen des Eises des Roten und Weissen Mains sammelten sich sodann bei Kulmbach, furchten die mächtigen Schlingen des mittleren Mains aus, entsandten von jeder Knickstelle aus, Uebereichzungen und zwar zwischen Türinger Wald und Rhön zur Werra, zwischen Rhön und Spessart zur Fulda, traten sodann dem unteren Main entlang zwischen Spessart und Odenwald in das schon zur Günzeiszeit vorbereitete Schlagloch, die Wetterau, über und entsandten von dort aus Zungen nach der Lahn, welche die hessischen Basaltberge frei legten und den Durchbruch des Rheins zwischen Bingen und Koblenz dadurch beschleunigten, dass sie von Norden her anfingen, das Gebirge zu zerstören. Der Grund, weshalb die mitteldeutschen Inselgebirgstöcke erhalten blieben und nicht vollständig abgetragen wurden, ist in dem Aufstau des nordpolaren Eises zu suchen, das auch hier den Abfluss stark beeinträchtigte.

Nachdem nunmehr die Zuflüsse zu der *Rheintalsenke*, die zwischen Basel und Mainz rund 300 km lang und 25—40 km breit ist und zu Beginn der Eiszeit mit weichen obermiocänen und oligocänen Ablagerungen ganz bedeutend höher angefüllt war als heute, beschrieben worden sind, sollen die Veränderungen, die sie während der Eiszeit erfahren hat, nachträglich zu schildern versucht werden (vergl. S. 134 und 136). In dieses alte Meeresbecken flossen alle die vorbezeichneten Gletscherzungen, wühlten sich in die weichen Massen ein, vertieften das Becken beträchtlich unter*) seine heutige Oberfläche und steigerten so seine Aufnahmefähigkeit für weiter zufliessendes Eis. Da der Abfluss im Norden, sowohl durch die Wetterau, als über dem heutigen Rheintal durch die vorgelagerten Höhenzüge, die noch mit tertiären Ueberlagerungen bedeckt waren, und den Stau des nordpolaren Eises sehr erschwert war, so wurde nach Anfüllung des Beckens schliesslich der westlich begleitende Gebirgszug: Vogesen-Hart überschritten und insbesondere zwischen diesen beiden Gebirgen eine beträchtliche Durchbruchstelle geschaffen (vergl. Fig. 126), durch welche die Eismassen der heutigen württembergischen und badischen Flüsse nach Nordwesten ins Saar-, Mosel- und Maastal und nach Westen ins Seinegebiet ausbrachen. Die Quer-Seine und der Ueber-Rhein waren somit zu einer gewissen Zeit wahrscheinlich zwei Flüsse, die sich hoch über der heutigen, damals noch nicht ausgekolkten Nordsee vereinigten (vergl. hiemit S. 100, 125 und 145). Die zinnenartig ausgefranzten Buntsandsteinfelsen

*) Bei Mannheim beträgt die Mächtigkeit des Diluvialkieses heute etwa 140 m. Zur Zeit der Absetzung dieser gewaltigen Grundmoräne war also die Talsohle um so viel tiefer gelegen.



Figur 126.



Figur 127.

am obersten Hang und die gewaltigen übereinander geschobenen Felsenmeere auf den Bergköpfen der Hart, deren tief eingefurchte, von Südwest nach Nordost gerichtete Täler, die dort (z. B. auf dem Hüttenberg) beobachteten Gletschermühlen sowie die „ballon"-förmigen Gipfel*) der Vogesen, die stark bis auf 400 m Meereshöhe erniedrigten und abgeschliffenen Senken von Zabern (Fig. 127), Markirch und Diedoldshausen, die zahlreichen lothringischen Seen diesseits und jenseits der französichen Grenze, sowie die ausgedehnten Lössablagerungen im Nordosten Frankreichs und die Bodenformen des französischen Jura zeigen die Wege, welche die abfliessenden Eismassen eingeschlagen haben, und bezeugen die ungeheuren Wirkungen der mächtigen Kräfte. Im Norden erfolgte der Abfluss des Eises aus dem Becken auf drei verschiedenen Wegen zum unteren Rhein und ausserdem durch die

*) Süss, S. 264. „Dass der Vogesensandstein nur selten von buntem Sandstein bedeckt werde, schreibt Bleicher lediglich der weitgehenden Abschwemmnng der jüngeren Schichten zu und spricht mit Bestimmtheit aus, dass der Vogesensandstein einstens nicht nur von buntem Sandstein, sondern von der ganzen Trias- und Juraformation bedeckt gewesen sei, welche von Lothringen her über dieses ganze Gebiet sich bis nach Württemberg erstreckte.

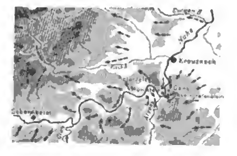
Wetterau zwischen Taunus und Vogelsberg, sowie zwischen Vogelsberg und Rhön in das Flussgebiet der Fulda (vgl. S. 141). Die drei dem unteren Rhein zufliessenden Arme, von denen der eine das Nahetal*) aufwärts führte, der andere dem heutigen Rheintal folgte und der dritte durch die Wetterau floss, haben beim Höchststand des Eises zweifellos eine einzige Masse gebildet, welche die 2 Schlagrinnen der Mosel und Lahn und weiterhin der Ahr und Sieg, sowie die zum Rhein parallelen Furchen des Erft- und Röhrtals aushöhlte. Die Hindernisse, die dem Abfluss sich entgegenstellten, bestanden in einer Reihe quer gelagerter Riegel, so Hunsrück-Taunus, Eifel-Westerwald, Hohes Venn-Ebbegebirge. Nur die Umgehung des Hunsrück und Taunus, sowie die vorgängige Auswaschung des Mosel- und Lahntals — ein Vorgang, der sich beim nächsten Riegel in

---

*) An der Hand von Heusers „Neuer Pfalzführer" (III. Auflage, Neustadt an der Hardt, 1905), sowie auf Grund des „Hochwald- und Hunsrückführers" (V. Auflage, Kreuznach, 1904) soll das Einschieben des Eises ins untere Nahetal in Kürze etwas näher betrachtet werden (vgl. Fig. 128). Auf den Hochflächen des Hunsrücks, des Soonwaldquarzitrückens, sowie des links- und rechtsrheinischen Taunus finden sich allenthalben, in mehr oder weniger grossen Lappen zerstreut, tertiäre und diluviale Ablagerungen, die im Zusammenhang mit denen des Mainzer Beckens standen. Im Diluvium sind Tertiärgesteine als Konglomerale auf sekundärer Lagerstätte eingebettet. Auch lässt sich der geradlinige, nordöstlich gerichtete Lauf der Ueber-Mosel 200 bis 330 m über N N, oder 100—230 m über der heutigen vielgewundenen Mosel auf weite Strecken aufs deutlichste erkennen. Das sich gegenseitig stauende Rhein-, Main- und Neckareis traf annähernd senkrecht auf den Taunus und Hunsrück, schob die tertiären Ueberlagerungen ab und liess nur Reste — teils von reinem Tertiär, teils von eigener Moräne mit und ohne Tertiärschollen — an geschützten Stellen liegen. Teile des Rheineises brachen infolge des Drucks, den das Main- und Neckareis von Osten her ausübte, nach Westen über die Hart aus, bohrten den Kolk (den Bruch) von Kaiserslautern — Landesstuhl aus und fielen alsenz- und glanabwärts ins Nahetal. Andere Teile des Rheineises gabelten sich in der heutigen Rheinebene unterhalb Worms, furchten das Selz-, Wiesbach- und Apfeltal aus und verbanden sich mit den am Taunus aufgestauten Massen, um nahetalaufwärts zu wandern (Fig. 128). Die Eisübertrittstellen in der Umgebung von Kreuznach und Münster am Stein sind in Fig. 129 gezeichnet, in der die Höhen unter 200 m weiss gelassen und die Höhenlinien von 300 und 400 m durch verschiedene Schraffierungen hervorgehoben wurden. Bei Münster a. St. trafen nun das aufwärts geschobene Nahe- und das abwärts fliessende Alsenzeis in entgegengesetzter Richtung auf-



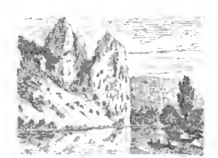
Figur 128.



Figur 129.

gleicher Weise abspielte — ermöglichte es dem Hauptstrom mit der Zeit, sich den Durchbruch zu erzwingen und das heutige untere Rheintal zu schaffen. Die Freilegung der Maare der Eifel von ihren Ueberlagerungen, der Trachytberge des Siebengebirgs und der Basaltberge des Westerwalds von ihren Umlagerungen steht hiemit im engsten Zusammenhang. Wenn sich das untere Rheintal nicht zu der, seinen abgeführten Massen entsprechenden, weiten Abflussrinne ausbildete, so trug daran wohl sicher weniger die Widerstandsfähigkeit des rheinischen Schiefergebirgs, als vielmehr der Gegenstau des nordpolaren Eises die Schuld. Wegen dieses Aufstaus und der damit verbundenen Verlangsamung des Abflusses gelangte auf den eben geschilderten Wegen in der Hauptsache zunächst nur das dem heutigen Maintal entstammende Eis zur Abfuhr, während das Eis der württembergischen und badischen Täler noch zwischen Hart und Vogesen abging Infolge rasch fortschreitender Vertiefung des Rheintals wurde jedoch mit der Zeit auch dieses letztere Eis in die Gefolgschaft des Maineises gezogen und dadurch verhindert, dass sich eine durchgehende Abflussrinne des Rheins über Paris ausbildete, wodurch die Maas, Mosel und Saar und schliesslich sogar der Rhein in gleicher Weise wie die Seine zu Querflüssen umgewandelt worden wären. Nachdem nunmehr der Eisaufstau in der Rheintalgrabensenke mit deren Entleerung nach dem Unterrhein mehr und mehr zurückgegangen war, kam auch der Augenblick der Durchbrechung und Abtragung des Jurarückens zwischen Belfort und Freiburg (vgl. S. 136) und damit war zugleich der Abfluss des Aareeises nach dem Unterrhein, die Freilegung des Kaiserstuhls und die Aushöhlung der beiden gegenüberliegenden Hangnischen von Kolmar und Freiburg gegeben (vgl. S. 14 und Fig. 11). In engstem Zusammenhang mit dieser rasch vor sich gegangenen Abfuhr gewaltiger Eismassen stehen die Uebertiefung des Rheintals, die schluchtähnlichen Durchnagungen der Flüsse des badischen Schwarz-

---



Figur 130.

einander, was die scharfkantige Abschleifung des aus Porphyr bestehenden Rheingrafensteins (Fig. 130) und die mächtige Porphyrnische des Rotenfelsens vollständig erklärt. Ebenso findet der Umstand, dass der kleine Guldenbach, der kaum 10 km lang ist, im festesten Gebirgsrücken eine weite Ausbuchtung hervorrief, durch das bachaufwärts geschobene Rheineis seine naturgemässe Erklärung. Weiter naheaufwärts entspricht der Talkessel von Sobernheim dem Kampfplatz des Nahe- und Glaneises und noch weiter aufwärts erzeugte das mit unwiderstehlicher Gewalt geschobene Eis in dem bei Kirn mündenden Simmerbachtal (Fig. 128) ganz eigentümlich hahnenkammähnliche Felsbildungen beim Durchbruch durch den dort anstehenden Melaphyrrücken.

walds*) und namentlich der Neckardurchbruch durch den Odenwald (vgl. S. 167).

Im Osten war zunächst der den Eismassen gewiesene Weg die Furche des Donautals. Da indes, wie schon oben bemerkt, der Abfluss donauabwärts sehr stark beeinträchtigt war, einmal durch die ungünstige Querlage der Donau zur Hauptzuflussrichtung des Eises und sodann durch die Enge der Wiener Durchflusspforte, so konnte nur ein Teil der Gletschermassen auf diesem Weg abgeführt werden, während das übrige Eis einesteils durch das böhmische Becken zum Elbetal, andernteils über das Gesenke zur Oder und Weichsel auszubrechen genötigt war.

Der Einbruch des Eises ins *böhmische Becken* erfolgte im Westen über Fichtelgebirge und Böhmerwald, im Süden über den Greinerwald und im Osten über das Böhmisch-mährische Hügelland, der Abfluss über Erzgebirge und Sudeten, vor allem aber zwischen diesen beiden Gebirgszügen durch das heutige Elbetal. Das im Naabtal aufwärts geschobene Inneis wurde, soweit es nicht gegen Westen ins Maingebiet übertrat (vgl. S. 140), im Osten durch das Tal der heutigen Waldnaab zur Eger geschoben. Die Eismassen hatten bei ihrem Ueberfall dort noch eine solche Kraft, dass sie Schlaglöcher von 80 km Durchmesser (Fig. 131 stellt, von der Kösseine aus gesehen, den Egerkessel vor, der als sprechendes Beispiel eines Schlaglochs des abfallenden Eises zu betrachten ist) auszuschaufeln, auf der Luisenburg Granitfindlinge mit 1000 cbm Inhalt fortzuwälzen (Fig. 132), sowie auf der Kösseine und anderen Bergen die höchsten Granitkuppen blosszulegen und abzurunden vermochten (Fig. 133). Unterwegs zeigen Richtung und Form der ihrer Ummantelung beraubten Basaltberge von Eschen-

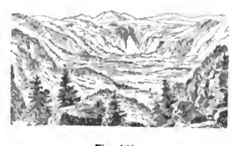


Fig. 131.

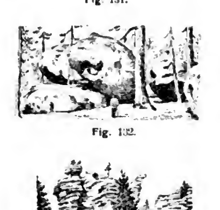


Fig. 132.

Fig. 133.

*) Die heutige oberrheinische Tiefebene, die bei Basel etwa 240 m, bei Mainz 80 m hoch liegt, wird in ihrem südlichen Teil auf weite Strecken von Vorbergen eingefasst, die 3—12 km Breite und 200 m, ausnahmsweise bis zu 450 m durchschnittliche Höhe über der Ebene haben. Diese Vorberge, die den Uebergang von der Ebene zu den begleitenden Gebirgen vermitteln, sind mit einer im ganzen genommen nicht sehr mächtigen Löss- und Lehmdecke überzogen und stellen die Reste alter, mindeleiszeitlicher Talböden vor, wie solche weiter nördlich in der Zaberner Senke und in den Senken des Pfinz- und Kraichgaus erhalten sind.

bach die Wirkungen des mächtigen Eisschubs. Andere Teile dieses Naabeises brachen im Osten über den Böhmerwald zu der Beraun aus, während die von Regensburg bis Linz zugeschobenen Massen den Bayerischen- und Böhmerwald überquerten und erniedrigten und dabei zur Günzeiszeit das mächtige Schlagloch Wolava-Moldau-Luschnitz ausbohrten, zur Mindeleiszeit die beiden der Zugrichtung des Gebirgs folgenden Schlagrinnen des Regen wie der obersten Moldau schufen. Ebenso überschritten Zungen der bereits donauabwärts gewanderten, aber durch den Pressburger Riegel gestauten Eismassen den Greiner Wald durch das Kamptal, sowie das Böhmisch-mährische Hügelland durch die Täler der Thaja, Iglawa, Schwarzawa und obern March und drangen gleichfalls in das böhmische Becken ein. Böhmen, das sich wohl wahrscheinlich zur Miocänzeit durch die March zur Donau entwässerte (vgl. S. 125), wurde nunmehr bis zu seiner nördlichen Wasserscheide mit Gletschereis angefüllt, das bei seiner Weiterwanderung nach Norden alle die zahlreichen Flussknickungen des böhmischen Beckens: obere Moldau, Luschnitz, obere Elbe, Adler u. a., ebenso wie die Wendung und teilweise Umkehr der Abflussrichtung des ganzen Elbe-Moldaugebiets erzeugte und teils über das Erzgebirge gegen Sachsen (zur Elster, Zwickauer-Mulde, Zschoppau, Flöha, Freiberger-Mulde, Weisseritz) ausbrach, teils über die Sudeten gegen Schlesien und Sachsen (durch die Schwarze Elster zur Elbe, sowie durch Spree, Görlitzer-Neisse, Bober, Katzbach, Weistritz, Glatzer-Neisse zur Oderschlagrinne) abfloss und die in diesen Tälern beobachteten Felsengebilde (die Fig. 134 zeigt die in den Sudeten gelegene Adersbacher Felsenstadt, deren Gebilde durch gestautes Eis geschaffen wurden) und Inselberge ausmodelte (vgl. Fig. 117). Der mächtigste Abfluss fand aber hoch über dem heutigen Elbetal statt, dessen Lage und Verlauf der Hauptzuflussrichtung der Eiszungen entspricht. (Fig. 135 zeigt das Elbsandsteingebirge von der Bastei aus. Die Oberfläche der Inselberge stellt, wie bei den Tafelbergen des Kaplands — Fig. 101 — und den West-Ghats von Vorderindien — Fig. 102 — einen alten Talboden vor, in den sich spätere Eiszungen eingetieft haben). Die Ausbildung dieses Durchbruchs, die als allmähliche Vertiefung einer alten Eisübertrittstelle zu denken ist, fand offenbar unter erschwerten Umständen statt und vollzog sich daher verhältnismäsig langsam, sodass die Eismassen nicht mehr genügend Zeit hatten, um die unterhalb sich anschliessende, dreieckig



Fig. 134



Fig. 135.

zulaufende Abflussrinne, die nur ganz schwach ausgebildet ist, in derselben Weise zu erweitern, wie sie bei den Schlaglöchern der oberen Oder und Weichsel zu beobachten ist. Besonders hervorzuheben ist aber noch, dass an der Ausbildung des Elbedurchbruchs wahrscheinlich auch polares Eis mitgearbeitet hat, was sich aus einem Vergleich mit den Wirkungen dieses Eises im Rheintal ergibt (vgl S. 170).

Schliesslich wurde ein Teil des gestauten Donaueises auch marchaufwärts über das *Gesenke* zur oberen Oder und Weichsel geschoben. Die beiden nach dieser Uebertrittstelle zulaufenden Flusstäler zeigen deutlich ausgeprägte, trompetenförmig sich erweiternde Mündungstrichter des einfallenden Eises. Wie anderwärts sollen auch diese, vom Eis geschaffenen Uebertrittstellen nach neuerdings aufgestellten Entwürfen zur Führung von Schiffahrtskanälen benützt werden. Eine ganz ähnliche Ausbildung des Oberlaufs ist an den Flüssen: Prosna, Warthe und Pilika zu erkennen, womit auch hier die Einwirkung von übertretendem Eis unzweifelhaft erwiesen ist.

Die Riegel, welche sich dem *donauabwärts* wandernden Eis entgegenstellten und deren Reste heute noch deutlich sichtbar sind, waren: der Wiener Wald bei Wien, das Leithagebirge und die Kleinen Karpathen bei Pressburg, sowie die Ausläufer des Bakony Waldes bei Waitzen. Die Schlaglöcher, die das überstürzende Eis hinter jedem Riegel aushub, sind heutzutage ebenfalls noch klar erkenntlich als: Wiener Becken, sowie Ober- und Niederungarische Tiefebene, deren Tiefstpunkte durch den Neusiedler- und Platten-See dargestellt sind. Der Grund, warum diese stauenden Riegel nicht wie in vielen anderen Flusstälern durch die mächtigen Eismassen von Grund aus abgetragen wurden, ist in dem Stau der grossen südkarpathischen (Theiss) und ostalpinen (Drau, Sau) Gletscher zu suchen (vgl. S. 107). Das hier abfliessende Donaueis vereinigte sich in der grossen ungarischen Auskolkungsbucht mit den anderen zufliessenden Strömen und floss schliesslich in der Hauptsache nach dem Aegäischen Meer ab (vgl. S. 108).

2. Zusammentreffen der nordalpinen und nordpolaren Eisströme und ihr Abgleiten aneinander.

Die eben geschilderten, der ganzen Nordseite der Alpen und Karpathen von Südfrankreich bis Südrussland entströmenden Eismassen mussten nun naturgemäss mit dem ihnen entgegenfliessenden nordpolaren Eis zusammenstossen und um ihren Abfluss kämpfen. Dabei hatte das von der Mitte des Gebirgszugs unmittelbar gegen Norden abfliessende Eis, das eine von Holland bis Polen reichende, zusammenhängende Fläche überflutete und mit breiter Stirn annähernd senkrecht auf das entgegenkommende Polareis traf, die Hauptarbeit zu leisten und den grössten Teil des Kampfes auszu-

fechten, während die den beiden abgebogenen Flügeln (Westalpen und Karpathen) entquellenden Zungen auf die beiderseitig bereits abgelenkten polaren Eismassen etwa senkrecht aufstiessen und von diesen, als den stärkeren, nach und nach zur Heeresfolge gezwungen wurden (vgl. Fig. 123).

Der Kernpunkt des Zusammenstosses dürfte somit nördlich von der Mitte der Alpen, d. h. über dem heutigen Dänemark und Südschweden zu suchen sein. Die ganze eigentümliche Gestaltung der dortigen Festländer und Meeresarme lässt sich hieraus ohne weiteres erklären. Dabei muss daran erinnert werden, dass das skandinavische Kjölengebirge eine mächtige Trennwand zwischen den beiden Polarzungen, der ost- und westeuropäischen, bildete, dass somit am Südende dieses Gebirgszugs über dem im Eisschatten der Kjölen liegenden Dänemark der Eisschub wesentlich geringer war als zu beiden Seiten. Ferner nahm naturgemäss der westrussische Arm, der durch den Bottnischen und Finnischen Meerbusen zuströmte, infolge des stetigen Eisübertritts über die heutige russisch-preussische Tiefebene gegen Süden hin beträchtlich an Mächtigkeit ab, womit wiederum ein verminderter Eisandrang über den dänischen Inseln gegeben war. Hierauf beruht die Tatsache, dass es dem schwächeren, aber unter höherem Druck beifliessenden alpinen Eis gelang, an der Stelle, wo die Kraft des mächtigeren Polarstroms verhältnismässig gering war, nämlich an dem Südende der Kjölen, keilförmig zwischen den Nordsee- und Ostseearm einzudringen und dabei den letzteren zu spalten in eine westlich und eine östlich abgleitende Zunge, wie dies in ähnlicher Weise über Vorderindien zwischen dem vom Südpol und von der Südseite des Himalaja*) abströmende Eis der Fall war (vgl. S. 97). Wie sich dort die gespaltenen von ihrer Bahn zwangsweise abgelenkten Eisströme des Himalaja tief in den Untergrund einbohrten und als Ergebnis ihrer furchenden Tätigkeit die Tiefebenen des Ganges und Indus zurückliessen, so wurde hier von den gespaltenen nordpolaren Eismassen das Kattegat und Skager Rak ausgehöhlt, wobei dem Keil des nordalpinen Gletschers heute die Halbinsel Dänemark entspricht, von der die überlagernden Schichten abgeschoben wurden. Während das Skager Rak eine vollständig ausgebildete Eisrille nach dem freien Meer (Nordsee und Atlantischer Ozean) darstellt, deren tiefste Sohlenausfurchung sich unmittelbar an das festländische Gebirge anschliesst, zeigt das dem Binnengewässer der Ostsee zulaufende Kattegat keine freie, sondern eine durch zahlreiche Inseln verbaute Abflussrinne, was, wie S. 49 ausgeführt,

*) Der Grund, warum auf der Nordseite des Himalaja, wo dessen Gletscher mit den vom Nordpol kommenden ja ebenfalls zusammentreffen mussten, kein ähnliches Ineinandereindringen beobachtet wird, ist vielleicht darin zu suchen, dass dort das ins Innere von China eingedrungene und nun von allen Seiten festgekeilte Polareis eine solche Pressung ausübte, dass das Nordhimalaja-Eis gewissermassen platt an die Wand gedrückt und gezwungen wurde, jene mächtigen Durchbruchstäler als Eisrillen durch die Gebirgsketten durchzubohren (vergl. S. 97).

auf mächtige Aufstauungen zurückzuführen ist. Das nämliche gilt für die Seenplatte Südschwedens; hier wie dort wurde dem westrussischen Gletscher sein Weg verlegt, seine Eismasse gestaut und zur Abschwenkung gegen das Schwarze Meer gezwungen. Welcher Anteil an diesen Umwälzungen auf die einzelnen Eisströme der Günz- und Mindeleiszeit und ihrer Unterabteilungen fällt soll hier dahingestellt bleiben. Die Höhe eines länger dauernden Höchststands des Eises mag wohl durch die zwischen dem Kattegat und dem Wener See gelegenen Trollhättan Wasserfälle angedeutet sein.

Das Nordpolareis glitt infolge des Zusammenstosses in zwei durch den alpinen Eiskeil getrennten Teilen, die als Nordseearm und Ostseearm bezeichnet werden mögen, in süd-westlicher und süd-östlicher Richtung ab.

Der *Nordseearm* bestand in der Hauptsache aus dem durch die Nordsee geschobenen Teil des westeurcpäischen Nordpolargletschers (vergl. S. 72), zu dem sich noch die durch das Skager Rak zufliessende Teilzunge des gespaltenen westrussichen Arms gesellte. Aus dem Uebergang der Nord-Südrichtung der Nordsee in die Südwestrichtung des Aermelkanals und des anschliessenden nordfranzösischen Tieflands lässt sich deutlich der ablenkende Einfluss des Alpeneises ersehen. Der beim Zusammentreffen der Eismassen entbrennende Kampf hatte wohl einerseits die breite Auskolkung der Nordsee zur Folge und wirkte andererseits derart hemmend auf diesen Teil des polaren Eisschubs ein, dass dieser keine breite Abflussrinne mehr ausbilden konnte, sondern bloss den schmalen Durchbruch des Aermelkanals mit seinen unregelmässigen Ufern zu schaffen vermochte. Der Weg des Eises über Frankreich weg ist bereits S. 72 beschrieben. Hiebei stiess der Gletscherstrom auf die über die Hart und die Vogesen, sowie über den Schweizer Jura ausgebrochenen Zungen, welche die Seine und Loire zu Querflüssen umgebildet und deren mächtige Flussgebietskessel ausgehöhlt hatten und nun zur Gefolgschaft gezwungen wurden.

Der *Ostseearm*, d. h. also die Hauptmasse des gespaltenen westrussischen Gletschers, wurde gezwungen, in süd-östlicher Richtung abzufliessen. Der Einbruch ins Innere des Festlands erfolgte, entsprechend den Schwankungen des alpinen Eisschubs, der zu verschiedenen Zeiten verschieden weit gegen Norden vordrang, teils über die russische Küste (den Riga'schen Busen), teils mit der Abnahme der Mächtigkeit der Alpen- und Karpathengletscher über die norddeutsche Küste (das Kurische-, Frische- und Stettiner Haff*). In gleicher Weise wie im Westen wurde wohl auch hier das Alpeneis von dem Polargletscher umgebogen und mitgenommen, doch sind die

*) Die dermalige Form dieser Buchten wurde erst durch die Gletscher der Riss- und Würmeiszeit geschaffen; hier handelt es sich nur um die vorbereitende Auskolkung dieser zur Günz- und Mindeleiszeit wesentlich höher gelegenen Landesteile.

Spuren davon später durch die Riss- und Würmeiszeit wieder verwischt worden. Dagegen findet durch den hiebei erzeugten Aufstau die Entstehung der ost- und westpreussischen, der pommerischen und mecklenburgischen Seenplatten eine ungezwungene Erklärung. Die abgleitenden Eismassen flossen sodann über das heutige Galizien, Südrussland und Rumänien dem Schwarzen Meer zu, wobei das zuströmende Karpatheneis ebenfalls aus seiner Abflussrichtung abgelenkt und vom Polareis mitgenommen wurde. Bei diesem Vorgang wurden, entsprechend dem Wechsel der jeweiligen Mächtigkeit der polaren Eismassen und der den Karpathen entströmenden Gletscher, zu verschiedenen Zeiten verschiedene Abflussrinnen geschaffen. Zu Beginn der Günzeiszeit floss das Eis durch die Täler des Pripet und Dnjepr ab. Hiebei hatte der Stau des sehr mächtigen ostrussischen Gletschers einesteils im Pripettal die Bildung der grossen Sümpfe zur Folge und schuf andernteils die Stromschnellen des oberen Dnjepr, der heute bei Jekaterinoslaw von einer etwa 35 m betragenden Höhe stufenförmig zu seinem vom ostrussischen Eis übertieften und gleichzeitig geknickten Unterlauf abfällt. Die zahlreichen und mächtigen rechtseitigen Nebenflüsse des Pripet entsprechen wohl den Abflussrinnen eines früher den Karpathen vorgelagerten Gebirgs, das heute grösstenteils abgetragen, etwa von Lemberg gegen die Quellen des südrussischen Bug verlief und in seiner westlichen Verlängerung wohl mit der polnischen Lysa Gora, die ebenfalls beträchtlich erniedrigt wurde, zusammengehängt haben mag. Mit dem fortschreitenden Abtrag, sowie der damit verbundenen Abnahme der Nährbodenfläche und Mächtigkeit des Karpatheneises bildete sich zur Mindeleiszeit näher am Kern des Gebirgs für das Karpatheneis eine neue Abflussrinne aus, das Tal des Dnjestr, in das zahlreiche Zungen polaren Eises übertraten, wie dies die Furchen der linkseitigen Nebentäler des Dnjestr bekunden. Mit der weiter zunehmenden Abschürfung der Karpathen verlegte sich die Eisabflussrinne noch mehr gegen Südwest in das Tal des Prut und hernach in das des Seret (Fig. 37). Die mehr und mehr abschmelzenden Eiszungen dieser beiden letztgenannten Täler waren immerhin noch so mächtig, dass sie den Lauf des Donaueises aufstauen und dies zwingen konnten, bei Galatz im rechten Winkel umzubiegen und ihre Abflussrichtung anzunehmen, sowie durch das längs des Trajanswalls sich hinziehende Trockental ein Uebereich nach Konstanza zu entsenden. Die Ablagerungen der Baragan-Steppe östlich von Bukarest mögen wohl Reste der jüngsten Mindelmoräne sein.

Bei dem nordalpinen Eis gestaltete sich der Vorgang in ganz entsprechender Weise, wie bei dem Zusammenstoss in Vorderindien (vergl. S. 97). Während der mittlere Teil der Eismassen in den entgegengesetzt fliessenden Gletscher eindrang, mussten sich die seitlichen Teile nach vergeblichem Ringen mit den an ihnen abgleitenden Armen des gespaltenen

Gletschers nach und nach zur vollständigen Umbiegung ihres Laufs, sowie zur Weiterwanderung mit den Polarzungen bequemen. Indessen scheint auch der Kern des alpinen Stroms von dem nicht genau entgegengesetzt, sondern etwas seitlich von Nordnordost auf ihn treffenden westrussischen Eis aus seiner Südnordrichtung nach Nordwest abgelenkt worden sein, wie denn Elbe, Weser, Rhein in ihrem Unterlauf sämtlich diese letztere Richtung verfolgen.

Im *Elbegebiet* lassen sich die einzelnen Unterabteilungen der Eiszeit leicht an den bekannten Terrassen der Elbe und ihrer Nebenflüssen verfolgen; des weiteren bekunden hier die teils zusammenhängenden, teils in Fetzen zerstreuten Massen von Geschiebelehm, sowie der Umstand, dass z. B. der Schotter der Dresdener Heide teils aus böhmischen Flussgebieten stammt, teils aus skandinavisch-baltischen Gesteintrümmern besteht, deutlich die verschiedenen Schwankungen des Eisschubs, der je nachdem, bald von der einen, bald von der anderen Seite mächtiger war. Sodann weist der ganze Verlauf des Elbetals vom Erzgebirge bis zur Mündung auf die Einwirkung polaren Eises hin. Der Durchbruch zwischen Erz- und Riesengebirge liesse eine Mündung am Unterlauf der Oder, also in der pommerischen Bucht erwarten. Demgegenüber schlägt die Elbe bei Magdeburg genau nordwestliche Richtung ein, wobei Teile des Eises, sogar unmittelbar nach Westen Abfluss suchten und südlich vom Harz, dessen Erhaltung bis heute wohl nur der beiderseitigen Pressung zu danken ist, durch das Tal der Unstrut und durch die goldene Aue nach dem Leinetal übertraten. Von Magdeburg gewinnt die Elbe ihre nördliche Richtung wieder und wäre nun folgerichtig der Lübecker Bucht zugeflossen, wenn nicht in der Nähe von Wittenberge aufs neue eine Ablenkung nach Nordwest stattgefunden hätte, die sie ihrer heutigen Mündungstelle zutrieb. Bezeichnend sind wiederum die an der zweiten Umbiegstelle gelegenen Havelsümpfe und Mecklenburger Seen.

Ganz ähnliche Verhältnisse werden an der unteren *Weser* beobachtet. Das Bestreben der Eismassen, dem vom Nordost ausgeübten Druck nach Nordwest und West auszuweichen ist hier ebenfalls aufs deutlichste ausgesprochen. Da die Eismassen im Norden an der Porta Westfalica stark gestaut wurden, vermochten sie hier keinen breiten Abfluss zu schaffen, sondern waren gezwungen, teilweise nach Westen auszubrechen und die dortigen Gebirgszüge durch beiderseitige Abhobelung zu erniedrigen. Zwischen dem Wiehen Gebirge und dem Teutoburger Wald schufen sie eine langgestreckte Eisrille und trugen die Wasserscheide zwischen Else und Haase bis zur Flussgabelung (Bifurkation) ab. Zwischen dem Teutoburger Wald und dem Haarstrang gruben sie die mächtige, nach Westen sich dreieckförmig erweiternde westfälische Kreidebucht aus. Auch der Fluss selbst zeigt, wie die Elbe, einen Wechsel zwischen nördlichen und nord-westlichen Strecken

und weist an den Knickstellen ebenfalls wieder die bezeichnenden Seen (Steinhuder Meer u. a.) und Sümpfe auf (vergl. Fig. 117).

Die zwischen Teutoburger Wald und Haarstrang ausbrechenden Eismassen drückten nun weiterhin auf den im *Rheintal* abfliessenden Strom und verursachten dadurch die Knickung auch der Mündungstrecken des Rheins und der Maas. Während nämlich der Mittellauf des Rheins von Bingen bis Wesel auf eine Mündung in die heutige Zuidersee hinweist, ist der Fluss von Wesel ab vollständig nach Westen umgebogen. Diese Umbiegung kennzeichnet sich deutlich genug als Wirkung des ausbrechenden Wesereises, das nun seinerseits von dem bisherigen Mündungsgebiet des abgedrängten Rheintalgletschers Besitz ergriff. Die Richtung dieses Rhein-Maasunterlaufs, die zunächst rein westlich verläuft, von der Deltabildung sogar Neigung zur Südwestrichtung zeigt, veranschaulicht aufs deutlichste den oben erwähnten Vorgang der Umbiegung und Abflussänderung der seitlichen Teile des Alpeneises, der schon hier seinen Anfang nahm und sich nach Süden zu in verstärktem Grad geltend machte. Auch hier findet wieder das Vorhandensein der zahlreichen Sümpfe an der holländisch-deutschen Grenze als Wirkung des Aufstaus ungezwungene Erklärung*).

3. Verhältnisse in Schwaben.

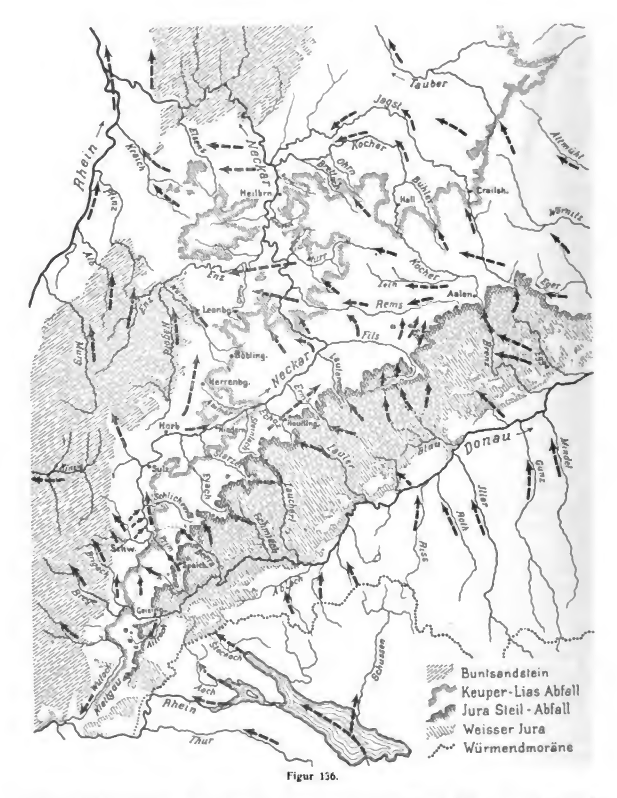
Bei Betrachtung der Bodengestaltung fallen besonders zwei durch das ganze Land sich hinziehende *Steilabfälle* auf, welche zwei Stufen des „schwäbischen Stufenlands“, die des Keuper-Lias und die des braunen und weissen Jura, begrenzen (Fig 136 und 137). Der Steilabfall der letztgenannten Stufe, derjenige der Schwäbischen Alb, geht ungefähr in gerader Linie vom Klettgau über Spaichingen und Reutlingen nach Aalen, ist infolge der Schroffheit des Abbruchs weithin sichtbar und daher auch allgemein bekannt. Im südwestlichen Teil übersetzt er bei Geisingen die Donau, bei Spaichingen die Prim und weiter nacheinander alle die verschiedenen rechtseitigen Neckarnebenflüsse bis zur Jagst. An der Ausbruchstelle jedes dieser Flüsse zeigt er auf seine ganze Länge scharfkantige Einbuchtungen von dreieckiger Form, die sich in der Richtung nach Nordwest halbtrichterförmig erweitern und den bei Gletscherströmen beobachteten Abtragungsverhältnissen der Wasserscheiden (vergl. S. 14) entsprechen. Im Nordosten setzt sich der Steilabfall als Fränkischer Jura mit den nämlichen Einrisserscheinungen in grossen Bogen bis Koburg fort. Weniger stark hervortretend und daher auch weniger bekannt ist der Abfall der Keuper-Liasstufe, der sich jedoch in gleicher

*) vergl. hiemit Anmerkung S. 125.

Weise wie derjenige der Alb vom Klettgau durch ganz Schwaben hindurch bis nach Franken hinein verfolgen lässt. Er umrahmt im Klettgau das Gebiet der oberen Wutach und bildet an der Donau bei Donaueschingen, am oberen Neckar bei Schwenningen und im Primtal bei Rottweil ebenfalls je einen scharf gegen Südost eingezogenen Bogen. Von hier aus geht er, in geringem Abstand vom Neckar und parallel zu ihm, östlich an Rottweil und Oberndorf vorbei bis Sulz, macht zwischen Sulz und Horb, entsprechend der dortigen Neckarknickung eine scharfe rechtwinkelige Biegung und läuft, nachdem er sich von hier ab zunächst beträchtlich vom Neckar entfernt hat, bei Niedernau plötzlich senkrecht auf den Fluss zu. Alle auf dieser Strecke einmündenden Nebentäler: Schlichem, Eyach, Starzel, Katzenbach (Niedernau) zeigen ausnahmslos die bezeichnenden Einbuchtungen. Bei Niedernau übersetzt der Steilabfall sodann den heutigen Neckarlauf, geht in ungefährer Nordrichtung über Herrenberg, Böblingen gegen Leonberg und weist an der Ammer und Würm ebenfalls beträchtliche Einkerbungen auf. Von Leonberg ab beschreibt er einen mächtigen, der Mündung des Fils-, Rems- und Murrtals entsprechenden Bogen bis Grossbottwar und zieht sich dabei über Solitude, Burgholz, Kappelesberg, Korberkopf gegen den Wunnenstein hin, um von hier an wieder nordwärts über den Wartberg bei Heilbronn bis zum Scheuerberg bei Neckarsulm zu verlaufen; auf dieser letzteren Zwischenstrecke wird die Linie durch die weit einspringenden Buchten der Schozach und Sulm unterbrochen. An den Neckarsulmer Bergen biegt der Steilabfall scharf gegen Osten um, zieht über Waldenburg und Einkorn bei Hall gegen Crailsheim, von wo aus er weiter in nördlicher Richtung gegen die Frankenhöhe und den Main verlauft. Auch die Täler der Brettach, der Ohrn, des Kochers, der Bühler und der Jagst zeigen entlang dieser Strecke ausnahmslos jene bezeichnenden, tief eingreifenden Buchten der Eisausbruchstellen (vgl. auch Fig. 22 und 46).

Die *Entstehung* dieser Steilabfälle hat bis jetzt noch keine befriedigende Deutung gefunden und kann unter blosser Zugrundelegung der heute tätigen Kräfte niemals erklärt werden.*) Vielmehr verdankt die ganze eigenartige Bodengestaltung Schwabens ihre Bildung ausschliesslich der Wirkung des von den Alpen her nach Norden abfliessenden Eises, womit die gesamte Gliederung im grossen wie im kleinen ihre einfache Erklärung findet. Dieser Vorgang soll im folgenden darzustellen versucht werden, wobei aber gleich im voraus zu bemerken ist, dass die Einzelheiten der Schilderung nicht als feststehende, sondern nur als vorläufige Ergeb-

*) Es sei hier z. B. nur darauf verwiesen, dass wenn der Abtrag durch die stetig fortschreitende Wirksamkeit von Frost, Hitze und frei fliessendem Wasser erfolgt wäre und heute noch erfolgen würde, sich allenthalben, insbesondere in den hintersten Talschluchten, die des öfteren gar kein Wasser führen, Verwitterungsmassen und Schuttanhäufungen von allergrösster Ausdehnung vorfinden müssten.



Figur 136.

nisse der Forschung auf diesem neu eingeschlagenen Weg zu betrachten sind und somit jederzeit durch spätere genauere Ermittlungen an der Hand von Längenschnitten und Höhenkurvenkarten umgeändert und verbessert werden können.



Figur 137.
Diese Figur ist eine Verkleinerung des Reliefbilds von Württemberg, Baden und Hohenzollern.
Für den Schulgebrauch entworfen von Dr. C. Rumm, Süddeutsches Verlags-Institut, Stuttgart.

Was die Verteilung der jeweiligen Vorgänge auf die *einzelnen Abteilungen und Unterabteilungen der Eiszeit* anlangt, so soll auch diese nur als vorläufige Grundlage aufgefasst werden, auf der spätere Einzeluntersuchungen weiter bauen können. Man könnte zunächst versucht sein, den einen Steilabfall der Mindel-, den andern der Günzeiszeit zuzuschreiben. Wenn man aber das (S. 122) Gesagte beachtet, wonach zur Günzzeit das Eis in

geschlossener Masse vorwärts drängte, während zur Mindelzeit sich das Eis, den Vertiefungen folgend, in Einzelströme aufgelöst hatte (wobei jedoch die überfluteten Streifen wenigstens zu Beginn der Mindelzeit noch wesentlich breiter waren, als die entsprechenden heutigen Täler), so gelangt man zu dem Ergebnis, dass wohl beide Abfälle der Günzeiszeit angehören, denn Steilabfälle, die sich in solcher Länge hinziehen, können nicht durch einzelne Eiszungen geschaffen worden sein, sondern nur durch Ueberfall einer zusammenhängenden Masse. Man hat hiebei etwa an Riesenwannen und Riesenriegel zu denken, so dass sich das schwäbische Stufenland als ein „Staffeltal" grössten Umfangs (s. S. 13) darstellt, dessen oberste Stufe im allgemeinen aus Weissjura besteht, während der zweite Absatz von den harten, witterungsbeständigen Schichten des oberen Keupers (Schilf- und Stubensandstein) und unteren Lias (Arietenkalk) mit ihren, eine treffliche Gleitfläche abgebenden glatten Oberflächen gebildet wird. Der Mindeleiszeit war es vorbehalten, die zur Günzeiszeit geschaffenen Steilhänge zu zerlegen und teilweise wieder zu zerstören, indem die einzelnen Zungen anfingen, in den bisher fortlaufenden Linienzug tiefe Kerben einzuschneiden, die am Jura- wie am Keuperhang im allgemeinen genau der Richtung des in den einzelnen Flusstälern zugeschobenen Eises entsprechen.

Zu Beginn der Günzeiszeit war wohl, wie schon oben (S. 136) ausgeführt, das ganze von den Höhenzügen Schwarzwald-Rhön und Böhmerwald-Türingerwald eingefasste, gegen die Werrapforte spitz zulaufende Gebiet, somit auch ganz Schwaben vom Eis überflutet. Infolge des gehinderten Abflusses staute sich das Eis mehr und mehr, so dass dessen Oberfläche schliesslich eine Meereshöhe von 1100—1200 m erreicht haben mag. Es ist also der ganze Schwäbische Jura mitsamt seinen höchsten Bergen damals als vom Eis bedeckt anzunehmen, wogegen im Schwarzwald die höchstgelegenen Teile, also vor allem Feldberg (1493 m) mit seiner Umgebung, vielleicht auch Hornisgrinde (1163 m) und andere ähnlich hoch gelegene Berge aus dem Eis hervorragten. Zwischen diesen Inseln des Eismeers ergossen sich zahlreiche Ueberreichzungen in die Rheintalsenke, welche die bekannten tiefeingeschnittenen Schwarzwaldtäler von der Wiese bis zur Alb ausfurchten. Zwei weitere Hauptübertrittstellen mögen sodann auch über dem heutigen Pfinz- und Kraichgau bestanden haben. Diese Täler vertieften sich — vielleicht infolge besonderer örtlicher und geologischer Verhältnisse — offenbar sehr rasch, waren daher, als der Eisstand später fiel (vgl. S. 122), bereits derart tief ausgefurcht, dass sie immer noch als Uebereiche dienen und von den durchwandernden Eiszungen weiter vertieft werden konnten. Andere Stellen, die nur schüchterne Anfänge einer Talbildung aufweisen, wie zahllose Pässe, z. B. am Titisee (888 m), Sommerau (877 m), Kniebis (Zollstockhütte 939 m), Ruhstein (913 m), Eckle

(955 m), Langmartskopf (zwischen Eyach, Murg und Alb 941 m) u. s. w. wurden nur kurze Zeit vom Eis überflossen und mit dem Sinken des Staus wieder verlassen, so dass sie sich nicht weiter ausbilden konnten, zeigen aber die (S. 14) geschilderten Formen der Uebertrittstellen aufs augenscheinlichste. Reste alter Talböden aus dieser Zeit, die an geschützten Teilen von Bergköpfen als vorspringende Nasen oder an den Talwandungen als flachere Stellen des Steilhangs noch beobachtet werden können, zeigen etwa 700—750 m Meereshöhe (so im Kinzig-, Murg-, Enztal u. a.).

Im Verlauf der Günzzeit erfolgte sodann, da jene Uebereiche zur Abführung des ununterbrochen fortdauernden Zuflusses auch nicht entfernt genügten, jener Durchbruch zwischen Schwarzwald und Odenwald (vgl. S. 136) und damit war der Grund für die ganze heutige Bodengestaltung Schwabens gelegt. Die nächste Folge dieses Durchbruchs war ein Erguss der gestauten Eismassen in den Rheingraben (dessen westliches Ufer zwischen Vogesen und Hart mit der Zeit ebenfalls durchbrochen wurde) und weiterhin eine beträchtliche Senkung des Eisstandes. Als weitere Wirkung der nunmehr in Bewegung geratenen Eismassen ist die umfassende Auskolkung des Untergrunds und allmähliche Abtragung des bisherigen Gleitbodens aufzufassen Dieser ursprüngliche Gleitboden ist wohl durch den obersten Weissjura bezeichnet, von dem gleich beim ersten Anstieg des Eises die überlagernden weichen Schichten*) abgeschoben wurden. Von der Einbruchstelle des Eises ins Rheintal wanderte sodann der Kolk nach und nach der Richtung des zugeschobenen Eises entgegen und verlegte seinen Abbruchrand schliesslich bis zum heutigen Steilabfall des Schwäbischen Jura zurück, womit gleichzeitig der frühere Verlauf der Wasserscheide über Schwarzwald-Odenwald in die heutige Lage auf der Alb überging. Der Talboden, der damals die Sohle des Schlaglochs bildete, mag vielleicht die Liaskalkplatte gewesen sein, die vermöge ihrer Glätte eine vorzügliche Gleitfläche abgab und von deren früheren Ausdehnung bis zum Rhein ein seiner Zeit abgesunkenes, in einen Zwickel zwischen 2 Verwerfungspalten eingelagertes Stück bei Langenbrücken nördlich von Bruchsal hinreichend Zeugnis ablegt.

Gegen das Ende der Günzeiszeit scheinen sich nun allmählich in der Eismasse 3 Hauptströmungen ausgebildet zu haben, deren Richtung je durch eine deutlich ausgesprochene Einziehung der heutigen Albwasserscheide, sowie durch besonders starke Zernagung bezw. völlige Abtragung des Gebirgszugs an diesen Stellen sich kennzeichnet und mit denen auch

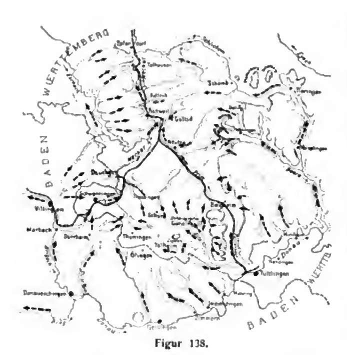
*) Dass derartige Ueberlagerungen aus oberem Weissjura und Tertiär vorhanden waren, ergibt sich aus den Einzelkuppen, in denen diese Schichten noch vorhanden sind, und aus dem Vorkommen von spezifisch schwererem Bohnerz, das den Tertiärablagerungen entstammt und weit ab von dem nächsten Tertiärvorkommen ja sogar z. B. jenseits des oberen Filstals unmittelbar auf dem Jura gefunden wird (vgl. Fig. 50).

die Gestalt des Keuperhangs wohl in Einklang zu bringen ist. Diese 3 Richtungen entsprechen den drei oben (S. 131 und 133) genannten, für Schwaben hauptsächlich in Betracht kommenden Zuflussfurchen der Donau: Bodenseetal, Jllertal, Günz-, Mindel-Lechtal (Fig. 118). Dem ersteren entspricht die Einbuchtung der Albwasserscheide vom Brogen bis zum Lemberg mit Rottweil als Mittelpunkt, die Zerklüftung des Albhangs von Geisingen bis Tieringen, sowie die Ausbildung des Keuperabfalls von Rottweil bis Leonberg. Dem Jllereis ist die Einziehung der Wasserscheide vom Römerstein bis zum Bernhardus mit Göppigen als Mittelpunkt, die Zerlegung der Alb in der Umgegend von Geislingen, sowie die mächtige Einbuchtung des Keuperhangs von Leonberg bis Grossbottwar zu danken. Das Günz-, Mindel- und Lecheis endlich schuf die Einbiegung der Wasserscheide von Lautern bis Ellrichshausen mit Ellwangen als Mittelpunkt, überquerte den Aalbuch und das Härtsfeld, hinterliess die dortigen Quarzkiesel als Moränenrückstände, wurde durch das Ries hindurchgeschoben und verursachte den gewaltigen Bogen des Keuperhangs, der sich von Neckarsulm über Hall und Crailsheim nach Rotenburg a. d. Tauber hinzieht. Die beiden zwischen den genannten Strömungsrichtungen erhalten gebliebenen Talbodenreste der Keuper-Lias-Stufe sind durch die Hochflächen des Kleinen Heubergs und des Schönbuchs (der Neckardurchdruch von Horb ab ist erst jüngeren Alters), sowie durch die Höhen des Schurwalds, des Welzheimer- und Mainhardter Walds, sowie der Löwensteiner Berge dargestellt. Bei dem ganzen Vorgang ist aber wohl anzunehmen, dass das Eis damals immer noch in geschlossener Masse der Alb zugeschoben wurde und über ihren Steilhang abfiel; nur war jetzt der Eisstand infolge des freien Abflusses nach dem Rhein bedeutend niedriger und damit kamen auch die Bodenunebenheiten, deren Einfluss bisher gegenüber der mächtigen Eisüberlagerung ziemlich verschwunden war, in ganz anderem Grad zur Geltung als vorher. Diese Wirkung der Bodengestaltung zeigte sich vor allem bei den genannten 3 Haupttälern, begann aber in geringerem Mass auch schon bei allen kleineren Tälern sich bemerklich zu machen und damit die späteren Abfuhrwege der Mindeleiszeit vorzubereiten. Das bei Tuttlingen übertretende Eis schuf sich entlang des Schwarzwalds eine Abflussfurche, nahm unterwegs die Zuströmungen vom Albrand auf und bildete den Keuperhang als rechte Talwand aus. Das Jllereis begann vom Rhein an nach rückwärts den bisherigen Talboden abzutragen und erzeugte dabei die von Leonberg bis Grossbottwar sich hinziehende Einbuchtung des Keuperhangs, während das Strom- und Heuchelbergmassiv zu dieser Zeit wohl noch mit den Löwensteiner Bergen zusammenhing, so dass der Keuperrand vom Stromberg bis Grossbottwar die nördliche Grenze des Jllereises bezeichnete, das zwischen Pforzheim und Maulbronn gemeinsam mit dem

Neckareis dem Rheine zufloss. Das Lecheis endlich erzeugte den oben genannten grossen nördlichen Bogen des Keuperhangs, wurde durch den vorgelagerten Odenwald in der bisherigen Strömungsrichtung gehemmt und durch das vom Taubergrund her drückende Maineis (Lech und Isar) ebenfalls zum Abfluss durchs Kraichgau und zwar zwischen Heuchelberg und Odenwald genötigt.

Zu Beginn der Mindeleiszeit wurden mit dem weiteren Fallen des Eisstandes die Gletschermassen in der Hauptsache nur noch in den vorhandenen Mulden und Vertiefungen über die Alb geschoben, während die zwischenliegenden, höheren Gebirgsteile allmählich eisfrei geworden sein mögen. Dabei hatten aber die Eisströme noch wesentlich grössere Breite als die jetzigen Täler; erst im Verlauf der Mindeleiszeit zogen sie sich allmählich in die heutigen Talrinnen zurück, um als Schlussergebnis den nunmehrigen Zustand unserer Täler zu hinterlassen. Im folgenden sollen die schon oben (S. 131—140) erwähnten drei Hauptzuflussfurchen: Bodensee-, Jller- und Lech- (mit Günz- und Mindel-) Tal je gesondert behandelt und ferner die zwischen Bodensee und Jller zugeflossenen Eisströme unter sich zusammengefasst werden. Hiebei ist aber zu bemerken, dass eine derartig scharfe Scheidung in Wirklichkeit selbstverständlich nicht vorhanden war, sondern nur hier der Uebersichtlichkeit halber angenommen wird. Bei näherer Betrachtung zeigt sich nun ein merkwürdiger, oft bis ins kleinste nachweisbarer Zusammenhang der einzelnen Einbuchtungen des Keuperhangs und der Schwäbischen Alb mit den linkseitigen Donaunebenflüssen, womit die Richtigkeit der Annahme eines Eisschubs von dieser Richtung her ausser allen Zweifel gesetzt wird.

Das Eis des *Bodenseetals*, das wohl hauptsächlich aus den St. Galler- und Algäuer Alpen stammte, floss einerseits entlang dem heutigen Rheinlauf von Stein a. Rh., bis Schaffhausen ab, um bei Schaffhausen teils zur Tur abzufallen und gemeinsam mit dem Aareeis von Süden her den Juradurchbruch bei Waldshut zu erzwingen, teils über Wilchingen und Oberlauchringen (Klettgaurheinarm) weiterzuströmen und zusammen mit dem durchs Wutachtal zufliessenden Eis auch von Norden her an diesem Durchbruch zu arbeiten. Weiterhin zeigen die Jura- und Keupereinbuchtungen der Wutach, der Donau und der Prim deutlich an, an welchen Stellen das Eis seinerzeit übertrat. Die erste Einkerbung wurde vom Aitrachtal aus geschaffen; ein Teil des Eises ging die obere Wutach aufwärts, wurde bis gegen den Titisee geschoben und lösste sich schliesslich in verschiedene, den Tälern der Schwarza, Alb, Wehra, Wiese, Dreisam entsprechende Zungen auf, während der Hauptteil die tiefe Furche der unteren Wutach erzeugte. Für die schwäbischen Verhältnisse kommen nur die beiden nördlichen Keuper-Jura-Buchten in Betracht. Von der Donaubucht wurden die

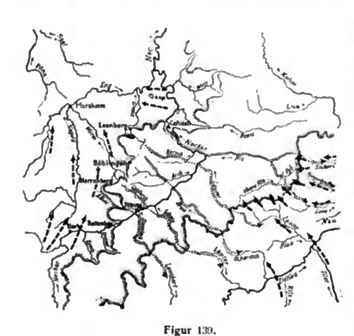


Figur 138.

Eismassen einesteils im Tal der Breg aufwärts geschoben, um zur Dreisam, Elz und Kinzig abzufallen, andernteils über Donaueschingen und Villingen im Tal der Brigach, von wo aus sie weiterhin zur Eschach und zum oberen Neckar übertraten (vergl. Fig. 138). Weiter nördlich gelangten sie durch das Tal der Stillen Musel über Dürrheim, sowie durch die bei Geisingen, Zimmern, Immendingen und Möhringen mündenden Nebentäler ins obere Neckartal, durch die bei Tuttlingen (Elta- und Faulenbachtal), Nendingen und Mühlheim mündenden Nebentäler ins Primgebiet und durch das Beeratal einesteils über Wehingen-Gosheim ebenfalls ins Primtal, andernteils über Wehingen-Deilingen und Nusplingen-Tieringen ins Schlichem- und untere Eyachtal. Hiebei entblössten sie die teilweise schon zur Günzeiszeit von ihrem Zusammenhang mit der Albfläche gelösten Inselberge Lupfen, Hohenkarpfen, Lemberg, Hochberg, Plettenberg und andere zahlreiche kleinere Inselberge ihrer Ummantelung und vereinigten sich in der Gegend nördlich von Rottweil, wo die Lehmablagerungen südlich von Villingendorf (700 m über N. N.) die Höhe des Eisstands angeben, zu einer für schwäbische Verhältnisse gewaltigen Masse, die sich nun in breiter Front neckarabwärts wälzte. Der durch das Brigachtal in eine stark ansteigende Sackgasse — das obere Eschachtal — gedrängte Gletscherteil, der sich gegenüber dem durch das Neckartal frei abfliessenden Hauptarm stärker und höher aufstaute, konnte infolge dieses Umstands kleine Gletscherzungen durch die in der Richtung auf das Neckartal ausgefurchten Klingen bei Talhausen, Epfendorf und Altoberndorf entsenden. Der übrig bleibende grössere Rest wurde über die hinterste Wasserscheide der Eschach teils zur Kinzig, teils zum Heimbach und teils unmittelbar zur unteren Glatt bei Bettenhausen und Hopfau geschoben, entsandte bei Sulz durch das untere Glatttal wieder ein Uebereich zum Neckar, floss der oberen Glatt entlang weiter, brach teils durch die Eisübertrittstellen bei Freudenstadt nach dem Forbach und oberhalb Klosterreichenbach nach dem Murgtal aus, teils bei Oberifflingen nach dem oberhalb Horb mündenden Diessenertal (Moränen östlich von Glatten und östlich von Schopfloch je rund 700 m) und gelangte schliesslich durch das Waldach- und Steinachtal

zur Nagold. Der eigentliche Neckargletscher dagegen floss über Oberndorf—Horb nach Norden, benützte hauptsächlich das über dem heutigen Nagold- und Würmtal gelegene Land zum Abfluss und mündete mit der Enzzunge über das Pfinzgau weg bei Pforzheim in das Rheintal.

Die zwischen Bodensee- und Jllertal anfallenden Eismassen, kurz gesagt, die *„oberschwäbischen Gletscher“* wurden dem damaligen Neckar durch seine rechtseitigen Nebenflüsse von der Schlichem an bis zur Kirchheimer Lauter zugeführt. Alle diese Flüsse weisen an ihren Einmündungstellen in den Neckarstrom entlang dem Keuperabfall die bekannten dreieckigen Halbtrichter auf. Mit ihnen hängen die Einkerbungen des Jurahangs sowie die Einziehungen der Albwasserscheide aufs engste zusammen und die letzteren entsprechen wiederum stets einem oder mehreren linkseitigen Donaunebenflüssen. Hiedurch ist der Verlauf des Eisschubs mit vollständiger Sicherheit gekennzeichnet. Uebereiche des Bodenseetals sowie Zuströmungen aus den Algäuer Alpen folgten den verschiedenen oberschwäbischen Flussläufen, erkletterten nach Ueberschreitung der Donau die Schwäbische Alb und schufen bei ihrem Abfall am Nordhang die oben erwähnten Eigentümlichkeiten der Gebirgsbildung. Eine Einzelschilderung dieser Verhältnisse soll hier nicht gegeben werden, lässt sich aber an der Hand genauer Höhenkarten jederzeit mit Leichtigkeit ausarbeiten und dürfte ein dankbares Feld weiterer Forschung darbieten. Es soll vielmehr nur auf den Verlauf des heutigen Neckars von Rottenburg bis Cannstatt noch näher eingegangen werden. Diese Strecke ist dadurch merkwürdig, dass der Neckar bei Rottenburg in die Keuperschichten, bei Lustnau sogar in den Lias sich einnagt, um den letzteren erst wieder bei Esslingen, erstere bei Cannstatt zu verlassen, während der Hang selbst, wie schon oben erwähnt, von Rottenburg über Herrenberg und Böblingen nach Leonberg und erst von hier wieder gegen Cannstatt läuft. Diese letztere Tatsache beweist, dass der Durchbruch erst in verhältnismässig spät er Zeit erfolgte. Denn, wenn das Eis von Anfang an dem heutigen Neckarlauf gefolgt wäre, so wäre kein Grund für die Ausbildung des Keupersteilabfalls vorhanden gewesen (Fig. 139). Zudem kennzeichnen sich die obengenannten Buchten der Ammer



Figur 139.

und der Würm, deren erstere, was ganz besondere Beachtung verdient (vergl. S. 32, 153 u. 165), sogar dem heutigen Flusslauf entgegen ausgebildet ist, deutlich als Einmündungstellen von Nebengletschern in einen stärkeren Hauptgletscher, der von Herrenberg nach Leonberg verlief, und weisen durch ihre Erweiterung nach Westen wie durch ihren mächtigen Umfang klar auf Richtung und Mächtigkeit des Eisschubs hin. Mit andern Worten: der Neckargletscher floss damals noch entlang des von Sulz bis Herrenberg in gerader Linie fortlaufenden, nur durch die Mündungstrichter der auf dieser Strecke zuströmenden Nebenflüsse unterbrochenen Keuperhangs nach Norden, die Eyach, Starzel und der Katzenbach setzten sich bis zu diesem Gletscherstrom fort und die Talfurchen der Ammer, Aich und Körsch brachten ihm, entgegen ihrer heutigen Abflussrichtung, die Eismassen des Steinlach-, Echaz-, Erms- und Lautertals zu. Alles in allem bestanden also an Stelle des heutigen Neckarlaufs Tübingen—Cannstatt auf der Strecke Tübingen—Plochingen eine Reihe von Querflüssen, während die Strecke Plochingen—Cannstatt dem Fils-Gletscher zum Abfluss diente. Bedenkt man nun, dass vor der Eiszeit die Hochfäche der Alb, nach Nordwesten wohl sanft ansteigend, sich gegen die Schwarzwaldwasserscheide hingezogen hat, und nimmt man ferner an, dass sich die alten Entwässerungsrinnen dieses Gebiets während der volltsändigen Ueberdeckung mit Eis und der teilweisen Abtragung der Oberfläche nicht wesentlich verschoben, sondern im grossen Ganzen nur vertieft haben*), so lassen sich vielleicht sogar für die früheren Querflüsse die ursprünglichen Abfussrichtungen in folgender Weise festlegen:

Ueber - Ammer — Gegen - Steinlach — Ueber - Lauchert,
Ueber - Goldersbach — Gegen - Echaz — Ueber - (Offenhauser) Lauter,
Ueber - Aich — Gegen - Erms — Ueber - Schmech,
Ueber - Körsch — Gegen - (Lenninger) Lauter — Ueber - (Herrlinger) Lauter,
Gegen-Neckar (Cannstatt-Plochingen) **) — Gegen-Fils — Ueber-Lone — Ueber-Nau***) (Fig. 139).

Das Eis des *Jllertals* schuf sich das soeben schon gestreifte Filstal als Hauptabflussfurche. Die Gletschermassen der Jller und ihrer recht- und linkseitigen Parallelflüsse benützten vor allem 3 Rinnen zum Aufstieg auf die Alb: das (Herrlinger) Lauter-, Lone- und Nau-Hungerbrunnental. Wie schon oben (S. 139) geschildert, erzeugten die zugeschobenen Eismassen vom Lautertal aus die Schlagrinne der oberen Fils und vom Hungerbrunnen-

*) Diese Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man bedenkt, dass die Abtragung der Oberfläche nicht auf einmal, sondern ganz allmählich erfolgte, so dass immer da, wo bereits eine Vertiefung bestand, die Eiswirkung in verstärktem Mass zur Geltung kam.

**) Einschliesslich der über dem Stuttgarter Tal damals west-östlich streichenden Querfurchen zum Nesenbach.

***) Aehnliche Betrachtungen lassen sich auch an den andern schwäbischen Flüssen anstellen, sollen hier aber als zu weitgehend nicht weiter ausgeführt werden.

tal aus die der Eyb, während das Loneeis schliesslich in der Richtung seines Zuflusses den Durchbruch der nördlichen Trennwand dieser Rinne bei Altenstadt erzwang, womit die gesamte Staumasse nach dem unteren Filstal ausbrach und dieses über Göppingen und Plochingen bis Cannstatt der Länge nach ausfurchte. Dort mündete der Strom in die grosse, schon zur Günzeiszeit (S. 157) geschaffene Keupereinbuchtung, nicht ohne wiederum einen allerdings sehr wenig ausgebildeten, aber immerhin erkennbaren Trichter in den Steilhang dieses Beckens einzunagen (Fig. 136 und 137).

Das *Günz-Mindel-Lecheis* endlich trat in die Täler der Brenz, Egau und Wörnitz über. Von der Brenz aus, die mit einer fast völlig abgetragenen Wasserscheide zum oberen Kocher übergeht, wurde vor allem dieser Flusslauf selbst, sowie die gleichlaufende Bühler, gespeist und sodann durch seitlich abfallende Zungen mit Hilfe des Aaltals die Furche der Rems und mit Benützung des Rottals die der Murr mit Eis angefüllt, das ebenfalls jenem Keuperbecken zufloss und an den Mündungstellen mächtige Buchten aushob (Fig 136). Der Gletscherstrom der Egau trat zur Jagst über, derjenige der Wörnitz in der Hauptsache zur Tauber, entsandte aber schon unterwegs durch das Egertal über Nördlingen eine Zunge, die das Ries durchfurchte und zuletzt als Moränenreste die Lauchheimer Breccie liegen liess. Diese Eiszunge wendete den Lauf der Jagst und veranlasste mittelbar die Knickung des Kocherlaufs bei Goldshöfe, wo die dortigen Sande (einschliesslich der in Fig. 50 am rechtseitigen Hang der Lein eingezeichneten), die vom Ries an ihre derzeitige Liegestelle verfrachtet wurden, noch deutlich auf die Gletschertätigkeit hinweisen. Die Flüsse Kocher, Bühler und Jagst fliessen nun in der Richtung des Haupteisschubs dem grossen Hohenloher Becken zu und zeigen bei ihrem Austritt aus der Keuperlandschaft je eine trompetenförmig nach Norden sich erweiternde Einbuchtung des Hangs (vergl. Fig. 21). Bemerkenswert sind im weiteren Verlauf der Flüsse Kocher, Jagst und Tauber die grossen rechtwinkligen Umbiegungen bei Jngelfingen, Dörzbach und Bieberehren, (Fig. 124), welche ohne Zweifel dem von Nordosten durchs Steinach- und Gollachtal einbrechenden Maineis zuzuschreiben sind. Während nun Kocher und Jagst von der Knickstelle an die nunmehr süd-westliche Richtung beibehalten, gewinnt die Tauber, an deren Quelle die ursprünglich vorhanden gewesene, halbtrichterförmig sich erweiternde Hangeinbuchtung ebenfalls durch das Maineis zerstört und in Inselberge (Rotberg, Ramholz u. a.) aufgelöst wurde, bei Mergentheim die alte Richtung wieder und mündet schliesslich bei Wertheim in den Main. Diese auffallende Tatsache ist vielleicht dadurch zu erklären, dass mit Erweiterung des Maindurchbruchs bei Frankfurt der Druck der Eismassen auf die obengenannten Flüsse nachliess und sich gleichzeitig das Bett so vertiefte, dass nunmehr die Tauber, als der nächstliegende jener Flüsse, dorthin abfiel, während die

andern infolge des mittlerweile ebenfalls vollendeten Neckardurchbruchs durch den Odenwald nach dieser Seite hin Luft bekamen und somit ihre Richtung nicht mehr zu ändern brauchten.

Im Verlauf der Mindeleiszeit begann der freie Abfluss all dieser Eismassen nach der Rheintalsenke allmählich aufzuhören und zwar wohl infolge des Bruchs des oben (S. 136 und 144) erwähnten Jurarückens zwischen Belfort und Freiburg. Dadurch gelangte das gesamte Aare-, Reuss-, Limmateis und ein ansehnlicher Teil des durchs Wutachtal, sowie durch den alten Rheinlauf über Wilchingen—Oberlauchringen zuströmenden Bodenseeeises zum Erguss. Nördlich von Strassburg stiessen diese Massen auf den das Rheintal überquerenden Eisstrom der schwäbischen Flüsse und nun entbrannte ein Kampf, für dessen Heftigkeit die in der Umgegend von Strassburg sich vorfindenden Versumpfungen*), sowie die westlich dieser Stadt vorhandene halbkreisförmige Einbuchtung des Vogesenzugs hinreichend Zeugnis ablegen. Anfangs mag ein Teil des Aareeises von dem durchs Kraichgau ausbrechenden Querstrom mitgerissen und ebenfalls zum Austritt zwischen Vogesen und Hart genötigt worden sein, mit wachsendem Nachschub von Süden her erzwang sich aber der Aarestrom schliesslich den Durchgang und versperrte nun seinerseits dem schwäbischen Eis den Ausweg. Dieser Rückstau war wohl die Veranlassung für die verschiedenen Durchbrüche des Neckars zwischen Rottenburg—Cannstatt, Besigheim—Heilbronn und Mosbach—Heidelberg, d. h. für die Ausbildung der heutigen Neckartalfurche.

Im Würmtal aufwärts scheint sich der Stau bis südlich von Herrenberg fortgepflanzt zu haben. Denn hier brach nun zwischen Horb und dem nach Gestalt und Richtung als Eisbrecher aufzufassenden Herrenberger Schlossberg das Eis seitlich aus in die von den Albflüssen entlang dem Jurasteilhang geschaffene Schlagrinne und schuf sich damit eine neue rasch sich vertiefende Abflussrinne**). Die Strecke *Rottenburg—Cannstatt* des heutigen Neckars ist somit, einschliesslich des Stuttgarter Tals, ein verhältnismässig junger Eisdurchbruch. Bei seiner Entstehung mögen Schichteneinsackungen, die ihrerseits mit Verwerfungspalten im Zusammenhang gestanden haben werden, mitgewirkt haben. Der Hauptgrund dürfte aber in den grossen Eismassen des Jllergletschers liegen, die bei Ulm über die Donau auf die Albfläche geschoben wurden und schon zu Beginn der Mindeleiszeit im

*) Die in der neuen geologischen Uebersichtskarte von Württemberg und Baden, dem Elsass, der Pfalz und den weiterhin angrenzenden Gebieten (1:600000, 5te Auflage, 1905) bei Renchen, Lahr, Erstein und Schlettstadt gezeichneten Torfe, sowie die bei Zabern mit q_4, bei Hagenau mit q_1—q_3 und mit m_{11} angegebenen diluvialen Schotter und pliocänen Sande und Tone finden damit ihre naturgemässe Erklärung.

**) Der ganze Vorgang stellt gar nichts anderes dar, als die oben schon des öfteren erwähnte Ausbildung eines Umgehungstals infolge Behinderung des seitherigen Abflusses.

damaligen Gegen-Filstal und in seiner Fortsetzung entlang den Verwerfungspalten Plochingen—Cannstatt eine tiefe Eisrille ausgehobelt hatten. Durch den zunehmenden Druck des gestauten Neckareises wurden sodann die, den alten Quertälern entsprechenden bereits stark erniedrigten Wasserscheiden der Reihe nach durchbrochen, so dass das heutige Neckartal von Rottenburg bis Plochingen eine Reihe aufeinanderfolgender Wannen und Riegel (Tübinger-, Neckartailfinger-, Unterboihinger Wanne) darstellt. Bei der allmählichen Vertiefung des nunmehrigen Neckarlaufs konnte der immer noch gestaute Nagold-Würmarm weitere Zungen dem ersteren zusenden, welche hauptsächlich die Täler der Ammer, Aich und Körsch benützten, so dass diese Talfurchen nunmehr in einer der früheren entgegengesetzten, dem heutigen Flusslauf entsprechenden Richtung vom Eis durchflossen wurden. Bezeichnend für alle drei Flüsse ist die eigenartige langgestreckte Schleppung ihres Unterlaufs entlang dem Neckartal. Diese Art und Weise des Zusammenflusses entspricht vollständig den Verhältnissen, wie sie heute noch allerorts bei Alpengletschern beobachtet werden, wo ein schwacher Strom nahezu senkrecht in einen stärkeren einmündet. Der mächtigere Neckargletscher drückte den schwächeren Ammergletscher an den Südabhang des Schönbuchs und zwang ihn, seine Mündung in lang gezogener Linie beträchtlich weiter neckarabwärts zu verlegen, als dem Oberlauf des Flusses entsprechen würde (vergl. Fig. 140). Reste der Mittelmoräne, die über dem Höhenzug Wurmlinger Kapelle—Kaiser Wilhelmsturm lagen, können deshalb nicht mehr oder nur an geschützten Stellen vorhanden sein, weil der Rückgang der beiden ungleichartigen Gletscher zu verschiedenen Zeiten erfolgte, und daher zuletzt wohl ein Uebertritt von Eis aus dem Neckarins Ammertal stattfand, bei dem etwaige Moränenreste abgeschoben wurden. Dies leuchtet ohne weiteres ein, wenn man bedenkt, dass mit fortschreitender Vertiefung des Neckartals diesem schliesslich alles angeschobene Eis zufloss, während der Nagold-Würmarm keine Nahrung mehr erhielt, so dass der Abfluss im Ammertal mit der Zeit ganz aufhörte, wogegen der übervolle Neckararm da und dort über die Ufer ausgebrochen sein mag. Diese letzteren Vorgänge sind übrigens zweifellos erst in das Ende der Mindelzeit zu verlegen. Ganz ähnlich wie bei der Ammer liegen die Verhältnisse bei der Aich und Körsch. Der letztgenannte Fluss, dessen Tal früher mit dem der Lauter zusammenhing, wurde parallel der Neckarstrecke Nürtingen—Plochingen verzogen, so dass er heute bei Altbach in den bei Plochingen um mehr als 90⁰ geknickten Neckarlauf senkrecht einmündet.

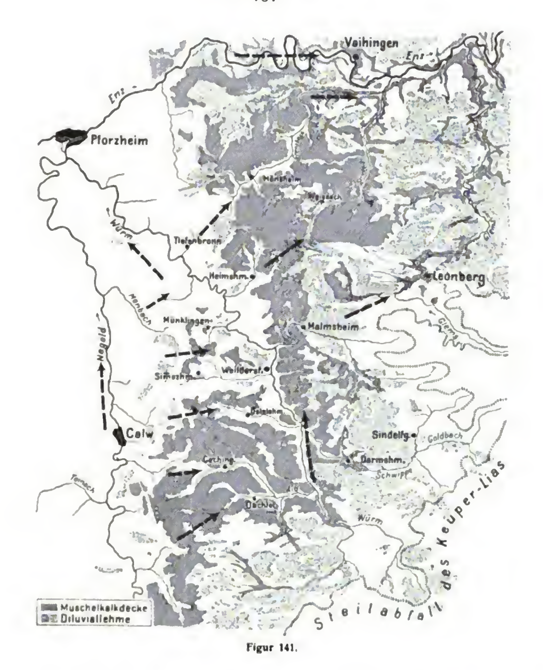


Figur 140.

Verstärkt durch diesen Eisstrom begann nun das im Fils-, Rems- und Murrtal zuströmende Jllereis — das infolge des Aufstaus in der grossen

Keuperbucht (von Leonberg bis Grossbottwar) die alte Wasserscheide zwischen Rems und Murr bereits bis auf wenige Reste (Lemberg westlich von Korb, Hartwald bei Hegnach, Asperg) abgetragen hatte und von dem einzelne Uebereichzungen durch das Schmie-, Metter- und Zabertal ausgebrochen sein mögen — den Verbindungsrücken zwischen dem Strom-Heuchelbergmassiv und den Löwensteiner Bergen zu zerstören und damit die *Strecke Besigheim-Heilbronn* des heutigen Neckars zu erzeugen. Im Osten wurden im Verlauf dieses Durchbruchs die dortigen zahlreichen Inselberge (Wunnenstein, Schweinsberg u. s. w.) in ähnlicher Weise durch Eisumgehungen geschaffen, wie dies oben schon mehrfach geschildert wurde. Im Westen strömte der neugeschaffenen Abflussrinne, sobald sie sich nur einigermassen vertieft hatte, naturgemäss auch das durch den Stau ins Enz-, Nagold- und Würmtal zurückgedrängte Eis zu, womit die Enzknickung bei Pforzheim ihre ganz einfache Erklärung findet (Fig. 141). Dieser Vorgang vollzog sich aber selbstverständlich nicht auf einmal, sondern allmählich und stückweise, in ähnlicher Weise wie der untere Neckar, bevor er über Neckarelz nach Eberbach strömte, eine Zeit lang durch das Elsenztal dorthin floss (s. S. 168). Der Nachweis der stetig fortschreitenden Verlegung der Abflussrichtung ist jedoch ohne örtliche Studien nicht einfach, insbesondere auch deshalb nicht, weil sich im Buntsandstein die zeitweilig in Wirksamkeit gewesenen, netzförmigen Umleitungsrinnen (nach Art der auf der Alb beobachteten und S. 22 beschriebenen) aus naheliegenden Gründen schwerer verfolgen lassen als im Muschelkalk, wo sie die eigenartigsten Talgebilde hinterlassen haben.*) Die gestauten Eismassen des Enztals drangen wohl einerseits durch das Teinachtal und die Täler bei Liebenzell zur Nagold, von da durch verschiedene, noch heute durch ihre Eigenart ausgezeichneten Talgebilde des Muschelkalks über Dachtel, Gechingen, Ostelsheim, Simmozheim, Münklingen zur Würm und von hier an über Malmsheim-Leonberg zur Glems, über Heimsheim-Weissach zum Strudelbach, sowie über Tiefenbronn-Mönsheim zum Grenzbach vor (vgl. Fig. 110). Erst später verliessen sie diese, jedenfalls nur kurze Zeit benützten, den nächsten Abflussweg bezeichnenden Notauslassrinnen, um das heutige untere Enztal, das früher Gegen-Murr- bezw. Gegen-Remstal war, zu seiner nunmehrigen Abflussrichtung umzukehren. In der Nähe des Neckars wurden diese Eismassen von dessen Gletscher ins Schlepptau genommen; von Bietigheim ab suchten sie, wie verschiedene Schlingen und Talübergänge bei Löchgau bekunden, mühsam neue Pfade, um bei Besigheim den Neckar zu erreichen, nicht ohne vorher in dem Zwickel zwischen beiden Flüssen (am Bahnhof Bietigheim) mächtige Moränenablagerungen niedergelegt zu haben.

*) vergl. die Atlasblätter Nr. 15 Liebenzell und Nr. 23 Calw des württembergischen geologischen Atlasses, Massstab 1:50000.



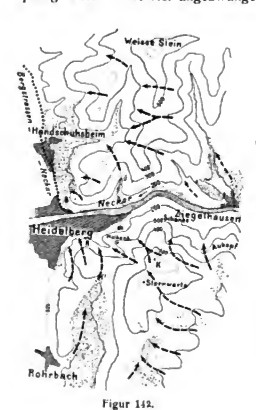
Figur 141.

Nachdem der oben beschriebene Durchbruch bei Besigheim erfolgt war, strömte das gesamte Eis des Neckars samt seinen Nebenflüssen dem schwäbisch-fränkischen Unterland zu, wo sich infolge des Rückstaus vom Kraichgau her bereits die das Lecheis zubringenden Gletscher des Kochers und der Jagst angesammelt hatten. Die nunmehr vereinigten Eismassen, denen auch der Ausweg durch den Taubergrund durch das von dort her drückende Maineis verwehrt war, stauten sich vor dem Riegel des Odenwalds nach und nach so hoch, dass das Eis — wahrscheinlich talauf, durch ein ursprünglich von Norden her entgegenlaufendes Nebental — in weit ausholendem Bogen schliesslich den Weg über *Mosbach und Eberbach nach*

Heidelberg fand*) und sich infolge des mächtigen Nachschubs von hinten rasch in die Schichten des Odenwalds eintiefte.**) Ehe dieser Durchbruch erfolgte, mag eine Zeit lang das Elsenztal dem Eis zum Abfluss nach dem Rhein gedient haben, auch ist es sehr wahrscheinlich, dass nach dem Durchbruch noch grössere Teile des stetig zuströmenden Eises durch die Täler der Steinach, des Finken- und Itterbachs nach dem Main ausbrachen und von diesem dem Rhein zugeführt wurden. Wie schwierig indes auch noch in dieser letzten Zeit die Einmündung des Nekareises in das vollständig mit Eis erfüllte Rheintal bei Heidelberg***) war, beweist die Eis-

*) Nach den auf der 36. Versammlung des Oberrheinischen geologischen Vereins gemachten Mitteilungen von Wilh. Freudenberg liegen am Katzenbuckel in 580 m Meereshöhe mehr oder weniger gerundete Brocken vom untersten braunen und obersten schwarzen Jura (Lias), die teilweise den Basalt überlagern, teilweise in ihn eingeschlossen sein sollen. Dieses Vorkommen erklärt sich durch die Bewegung und Pressung des Eises ohne weiteres.

**) Bekanntlich bildet die Erklärung der Einmündung des Neckars in den Rhein eine der vielumstrittensten Fragen, weil der Neckar senkrecht auf den Odenwald zufliesst und ihn in seinem südlichen Teil durchbricht, während er an mehreren süd-westlich davon gelegenen Stellen Gelegenheit gehabt hatte, mühelos ins Rheintal auszubrechen. Gegenwärtig wird angenommen, dass diese überaus merkwürdige Erscheinung im Zusammenhang mit Höhenänderungen im südlichen Odenwald stehe. Professor Dr. Sauer sagte darüber in der Festrede zum Geburtsfest Seiner Majestät des Königs Wilhelm II. von Württemberg am 25. Februar 1905 (abgedruckt in der Beilage zum Staats-Anzeiger für Württemberg vom 2. März 1905, Nr. 51): „Weder die Kraichgauer Senke, welche der Neckar umfliesst, noch die Erhebung des Odenwalds, auf welche der Neckar zufliesst, bestanden vor der Anlage des Flusses, sonst hätte der Neckar vor dem Gebirge ablenken und nach der Einmuldung abfliessen müssen. Die Hebung des Odenwalds fiel demnach noch in die Talbildung und hielt mit der Erosion gleichen Schritt, so dass die letztere immer noch einen kleinen Vorsprung hatte.“ Wie viel ungezwungener gestaltet sich demgegenüber die obige Erklärung!



Figur 142.

***) Ueber die in mancher Beziehung merkwürdige Ausmündungstelle des Neckareises bei Heidelberg gibt Figur 142 Aufschluss. In Kürze sei dazu nachstehendes bemerkt. Die ganze Talausfurchung steht unter dem Einfluss des mächtigen Rückstaus vom Rhein her und konnte sich daher nicht frei entwickeln. Bei höherem Stand zwang der widerstandsfähige Aukopf einen Teil des Neckareises zum Aufwärtswandern in der Ziegelhauser Klinge und zum Uebertritt in die Klinge von Handschuhsheim. Der nämliche Vorgang wiederholte sich bei niedrigerem Stand, indem der Bergkopf „Schanze“ das Neckareis teilweise in die gegenüberliegende Klinge einwies. Da der gestaute Neckargletscher bei Heidelberg von Südost aus dem Elsenz- (Andelbach) Tal und von Südwest vom Rheintal her über Rohrbach Zuzug von fremden Eis erhielt, das in der Hauptsache durch die Klinge westlich der Molkenkur abfiel und sich an dem untersten Riegel Riesenstein R—Bismarckturm B einklemmte, so entsandte er seinerseits nochmals und zwar durch die Klinge gegenüber der Molkenkur sowie in einer Umgehungsrille am Bismarckturm (B), Uebereichzungen zu seiner Entlastung. Ausserdem geben die in der Figur mit Punkten versehenen Flächen die Diluvialablagerungen an, die sich an geschützten Stellen in den Klingen vorfinden; sie bestätigen das oben Erwähnte. Anzufügen

rille des sogenannten Bergstrassenneckars, die sich am Fusse des Odenwaldabfalls auf rund 100 km Länge über Darmstadt bis zum Main verfolgen lässt (Fig. 140.*) Das spätere Abfallen des Neckars in seinen heutigen Unterlauf bis Mannheim erklärt sich mit dem Aufhören der seitlichen Anpressung des Eises aus der rascheren und stärkeren Eintiefung des weniger schnell abnehmenden und mächtigeren Rheintalgletschers von selbst.

Entsprechend der *Wirkung des gestauten Eises*, die im Gegensatz zu der abtragenden Tätigkeit fliessender Gletscher, vorzugsweise im Auflanden besteht, lassen sich nun als Folge der geschilderten Aufstauungen namentlich ausgedehnte Lehm- und Lössablagerungen in Schwaben und Franken nachweisen, die als „Bodensätze" der Reibschüsseln bezeichnet werden können, in denen der Kräfteausgleich stattfand. Diese Diluviallehme sind hauptsächlich im Oberen Gäu, im Strohgäu, auf der Filder- und Hohenloher-Ebene, im Ries, sowie nördlich der Jagst, überall in der Höhe von 400—450 m vertreten. Die ursprünglich zusammenhängende Masse ist von den späteren, nach und nach sich eintiefenden Eiszungen wieder zerschnitten und teilweise ganz abgetragen worden, so dass sie sich heute nur noch in einzelnen zerstreuten Stücken auf den zwischen den Tälern gelegenen Hochflächenresten vorfindet. Auch die unverhältnismässig breit ausgehöhlten mit Sümpfen und Mooren erfüllten Schlagrinnen, die sich dem Fuss des Keuperabfalls entlang im oberen Würmgebiet von Herrenberg bis Böblingen, sowie im oberen Glemsgebiet in der Nähe von Leonberg hinziehen, deuten auf behinderten Abfluss aufgestapelter Eismassen hin. Als weitere Folgen des Rückstaus sind die Talerweiterungen zu betrachten, die jeweils an den Endpunkten des Staus auftreten und z. B. am Kocher bei Aalen, an der Jagst bei Stimpfach, der Tauberquelle, der Nagold bei Nagold, der Schiltach bei Schramberg, der Kinzig bei Alpirsbach und anderen Orten beobachtet werden können. Ebenso dürften die Tuffablagerungen bei Gültlingen, Obersulz, Unterschwandorf, Rexingen, Diessen, Hopfau, in verschieden Albtälern u. s. w. als Grenzzeichen der Ausdehnung des damaligen Rückstaus anzusehen sein.

Zu Ende der Mindeleiszeit bewegte sich das Eis bereits in den heutigen Talfurchen, anfangs dieselben wohl noch stellenweise überflutend, schliesslich aber nur noch etwa in einer Höhe von 5—10 m über den heutigen

---

ist, dass viele Diluvialablagerungen in den geologischen Karten nicht angegeben sind, weil sie zur Zeit nicht als solche, sondern als Verwitterungserzeugnisse der unterlagernden Schichten angesehen werden. Alte Talbodenreste sind ebenfalls in der Höhe von rund 200 m deutlich erkennbar.

*) Ganz ähnliche Verhältnisse scheinen an der Jll zwischen Mühlhausen und Strassburg und an den rechtsrheinischen Schwarzwaldnebenflüssen vorzuliegen, deren ursprünglicher Lauf entlang einer heute am Fuss der Vorberge noch deutlich erkennbaren Rille, die jeweils bei der Mündung des unterhalb folgenden Tals unterbrochen ist, erfolgt.

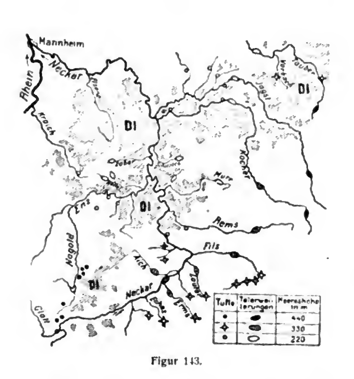
Talsohlen talabwärts strömend. Dabei mag in diesem letzteren Zeitabschnitt der Uebertritt über die Alb zum Teil schon ganz aufgehört haben.

Am *oberen Neckar* trafen in dem weiten Talkessel unterhalb Schwenningen Eisströme von Südost (von Tuttlingen und Möhringen durch das Elta- und Krähenbachtal über Gunningen, Schura und Talheim), von Süd (von Immendingen, Zimmern und Geisingen über Oefingen, Tuningen, Mühlhausen), von Südwest (von Donaueschingen und Marbach über Dürrheim) und von West (von Villingen über Schwenningen, Dauchingen durch die heutigen Trockentäler) zusammen und höhlten, von der Keuperstufe dorthin überfallend, die Schlagrinne Schwenningen-Bahnhof Trossingen aus (Fig. 107). Die etwa 60 m über dem heutigen Neckar liegenden Geschiebe des Schopfelesbühl stellen den letzten Rest des Talbodens der Spätmindeleiszeit dar. Der Umstand, dass der obere Neckar von Schwenningen bis Rottweil nicht den für ihn natürlich vorgezeichneten Weg einschlug (entlang dem Keuperhang, dem die Eisenbahnlinie folgt), erklärt sich aus dem Aufstau, den das vom oberen Primtal kommende Eis durch das Eis der Wehinger Beera erlitt. Diese vermehrte Eiszufuhr von Osten hatte auch die konkave Aushöhlung des westlichen Talhangs bei Neufra und die dortige Talerweiterung überhaupt zur Folge. Die lang gezogene Landzunge am Zusammenfluss von Prim und Neckar entspricht der Mittelmoräne beider Gletscher. Der bei Göllsdorf von Norden her einmündende Gletscherarm entsandte infolge des Staus durch das Neckareis eine Zunge nach Westen, welche durch die Klinge des Keltenbergs (südlich der Marktenhöhe) unmittelbar ins Neckartal abfiel und, weil bei ihrer Einmündung wiederum gestaut, von der Marktenhöhe die Lostrennung eines Inselbergs anbahnte. Der auffallende Unterschied zwischen dem oberen Eschachtal, das flache Talwandungen, mit Geschieben bedeckte Hochebenen und teilweise vermurte Sohle hat, und dem Neckartal unterhalb Rottweil, das in der nämlichen Gebirgsformation (Muschelkalk) eingeschnitten ist, aber cannonähnlichen Querschnitt zeigt, erklärt sich durch die Tatsache, dass im Eschachtal das Eis bergauf gedrückt wurde, im Neckartal aber frei abfloss. Die Sohle des Neckartals lag zu Ende der Mindeleiszeit bei Rottweil, etwa in der Höhe des heutigen Marktplatzes. Zahlreiche Verbindungsrillen von Eisströmen zwischen dem Eschach- und Neckartal, deren Mündungsstellen (Klingen) in bezeichnender Weise nicht bis auf die heutige Talsohle reichen, sowie die aus älteren Geröllen bestehenden Ablagerungen in der Umgebung von Rottweil und die Lehmniederschläge westlich und nördlich von Schömberg geben Anhaltspunkte für den Verlauf und die Höhe dieses Gletschers. Im grossen und ganzen bewegte sich das Eis über der heutigen Muschelkalkhochfläche weiter und pflügte nach und nach das sich immer tiefer einschneidende heutige Tal mit all seinen Schlingen und Inselbergen aus, wobei sich in den weicheren

Anhydritschichten bei Epfendorf und Altoberndorf tiefere und breitere Wannen bildeten. Weiterhin setzten sich bei Sulz und Horb auf der Lettenkohle und dem Muschelkalk die grossen flächenbildenden Diluvialschichten als Grundmoräne des Gletschers oder als Ablagerung aus den aufgestauten eis- und schlammerfüllten Wassern ab.

Für den *mittleren Neckar* von Rottenburg bis Cannstatt ist der Verlauf der spät mindeleiszeitlichen Gletscherströmung zum Teil bereits S. 39 geschildert, worauf hier verwiesen wird.

Auf das Gebiet des *unteren Neckars**) soll nicht im näheren eingegangen werden, vielmehr mögen hier nur die im Neckartal selbst wie in den Nebentälern auftretenden merkwürdigen Stauerscheinungen kurz Erwähnung finden. Moränenreste finden sich in der Umgebung von Waiblingen und Winnenden, im unteren Kocher- und Jagsttal, bei Weinsberg u. s. w., alle etwa in einer Höhe von 320 m (Fig. 143). Talerweiterungen weisen auf: der Neckar bei Neckartailfingen, die Aich bei Neuenhaus, die Erms bei Riederich, die Lauter bei Kirchheim, die Fils bei Göppingen, die Rems bei Gmünd, die Murr bei Fornsbach, der Kocher bei Unterrot u. a., in rund 300 m Meereshöhe; ferner die Tauber bei Mergentheim, die Jagst bei Krautheim, der Kocher bei Ingelfingen und eine grosse Zahl kleinerer Flüsse in rund 200 m Höhe. (Die Metter bei



Figur 143.

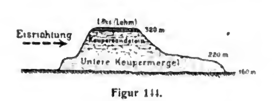
*) Besonders lehrreichen Ueberblick über die Verhältnisse der Umgebung von Heilbronn, wo das Neckar- und Kochereis im weitern Sinn zusammenfloss, erhält man von der Höhe des Wartbergturms oder von der Weibertreu bei Weinsberg.

Die Erweiterung des Neckartals bei Heilbronn rührt von dem Ueberfall der von Osten (vom Brettach- zum Sulm-, vom Sulm- zum Weinsbergertal) hergeschobenen Gletschermassen in das eiserfüllte Neckartal her. Die am rechten Talhang vorhandene halbkreisförmige Nische von etwa 3 km Halbmesser, deren Mittelpunkt die Stadt Heilbronn bildet, ist ein grosses Schlagloch, das in der jüngeren Mindeleiszeit, ähnlich dem in den Figuren 40 und 41 dargestellten, ausgekolkt wurde. Die Nische ist im Süden vom Schweinsberg, im Norden vom Wartberg begrenzt (vergl. Blatt 23, Heilbronn, der württembergischen Höhenkurvenkarte 1 : 25000). Zwischen diesen beiden Eckpfeilern haben die über die hintere Kesselwand eingedrungenen Einzelzungen passartige Eintiefungen aus der halbtrichterförmigen nach Osten ausgebauchten und erniedrigten Wasserscheide ausgehobelt. Die Richtung des Eiszuflusses ist daher nach Fig. 12—14 unschwer zu erkennen; besonders

Horrheim, der Kirrbach bei Niederhaslach, die Schozach bei Auenstein, die Bottwar bei Grossbottwar u. a. zeigen in dieser Höhe Versumpfungen). Im Zusammenhang mit den Talerweiterungen steht eine umfangreiche Ausfurchung von Umgehungstälern. Hieher gehört die Weiterausbildung und Freilegung der Inselberge des Keupers, sowie die Ausmodelung der Inselberge in den Muschelkalktälern des Neckars, der Enz, des Kochers, der Jagst. Häufig wurde jedoch dieser Vorgang nicht zu Ende geführt; das Eis verliess die bereits teilweise ausgefurchten Umgehungstäler wieder und kehrte in das alte Bett zurück, sobald nur die stauenden Hindernisse verschwanden. Dies lässt sich z. B. an der Schozach bei Oberheinriet und Obergruppenbach, sowie am Kocher bei Criesbach unterhalb Ingelfingen beobachten. Schliesslich dürften noch die Tuffablagerungen der Tauber bei Bettwar, des Vorbachs bei Niederstetten, der Enz bei Rosswag, des Grenzbachs bei Jptingen, des Strudelbachs an der badischen Landesgrenze bei Heimerdingen und in den Keuperklingen bei Sternenfels mit etwa 300 m Höhe als Stauwirkungen anzusehen sein, in gleicher Weise wie die in der ungefähren Meereshöhe von 200 m liegenden Kalktuffe des Seckachtals bei Adelsheim, des Kessachtals bei Oberkessach, des Erlenbachtals bei Aschhausen, des Jagsttals bei Marlach, Krautheim, Dörzbach, Wendel am Stein, des Kochertals bei Ingelfingen und Stein (badisch), des Strudelbachtals oberhalb Enzweihingen, sowie insbesondere des Remstals bei Endersbach und des Neckartals bei Cannstatt*), wo die tiefgründigen Mineralquellen von

deutlich zeigt sie auch die Einsattlung zwischen dem Wart- und Stiftsberg, über welche die Strasse nach Binswangen führt. Beim Abfall in die Nische hat das Kocher-Brettacheis rasch sich vertiefende Klingen und Mulden in die Wandungen eingefurcht, deren Breite, Tiefe und Ausmündungshöhenlage mit der mehr oder weniger starken Erniedrigung der Einsattlung der jeweiligen hintersten Wasserscheide im Verhältnis steht. So schliessen sich an die tiefsten Pässe, welche die Staatsstrasse und die Eisenbahnlinie Heilbronn—Weinsberg benützt, weite Klingen an, während hinter den unbedeutenden Erniedrigungen der Wasserscheide, z. B. süd-östlich vom Wartbergturm und nord-westlich vom Rebstöckle, nur Mulden ausgehobelt wurden Die Seitenhänge dieser Klingen und Mulden folgen „dem Eisschatten, den die Kuppen der Wasserscheide werfen“; sie sind, je tiefer um so mehr, mit Lehm (Zwischenmoränen) überlagert.

Von der Weibertreu gestaltet sich ein Ausblick deshalb besonders lehrreich, weil dort die Grundfläche der allerjüngsten Gletscherarme heute zum Futterbau benützt wird und sich deshalb von dem sie umrahmenden Ackerfeld aufs deutlichste abhebt. Diese jüngsten Eismassen wurden dort in allen grösseren Tälern bis auf die Höhe von 220 m aufgestaut und scheinen die stärker fallenden Seitenklingen gleichsam erklettern zu wollen. Die Berge der Umgebung haben in 220 m Höhe deutlich ausgesprochene Reste alter Talböden und sind, wie oben erwähnt, auf ihren 300 m hohen Gipfeln mit Moränenresten bedeckt (vergl. Fig. 144).



Figur 144.

* Die Tuffablagerungen von Cannstatt, die eine ausnehmend mächtige Entwicklung zeigen, stehen zweifelsohne mit den infolge der dortigen Schichtenverwerfung emporgedrungenen Wassern in Verbindung. Ihre Ablagerungen, sowie die dortigen Nagelfluhbildungen scheinen sich schon zu Ende der mittleren Mindeleiszeit ausgeschieden und während dieser und der jüngsten Mindeleiszeit fortgesetzt zu haben.

Beinstein und Cannstatt-Berg auch Anlass zur Verfestigung der Geschiebe (Nagelfluhbildung) gaben. Die Tatsache, dass all die erwähnten Erscheinungen sich etwa in den Meereshöhen von 300 m und von 200 m vorfinden, scheint eine Annahme örtlicher Ursachen auszuschliessen und auf tiefer greifende Kräfte hinzudeuten. Da am Main die 290—310 m hoch gelegenen Seenplatten westlich von Erlangen und die 317 m hoch liegenden Dutzendteiche bei Nürnberg, sowie die bei Schweinfurt und am Mömling bei Erbach je in 200—220 m Höhe vorhandene Talerbreiterung auf ähnliche Vorgänge hinweisen, so ist als Ursache zweifellos eine Eisstockung im Rheintal anzunehmen, die sich anfangs etwa bis 300 m, später bis rund 200 m Meereshöhe rückwärts erstreckte. Da ferner auch an pfälzischen und norddeutschen Flusstälern ähnliches beobachtet wird (z. B. der Landstuhler Bruch 240 m und die Schotter der Dresdener Heide*) 230 m), so könnte man sogar versucht sein, den gemeinsamen Grund aller dieser Erscheinungen in dem Zusammenstoss des alpinen und polaren Eises und dem Rückstau des ersteren zu suchen und auch die auf Eisrückwanderung hindeutenden Fälle und Schnellen des Rheins (Schaffhausen 390 m, Laufenburg 295—325 m, Rheinfelden 255—275 m) hiemit in Zusammenhang zu bringen. Ein derartiger Schluss dürfte indes vielen zu gewagt erscheinen, da es doch fraglich ist, ob die Wirkung des polaren Eises sich soweit aufwärts erstrecken konnte und da die Verhältnisse des Rheintals vom Bodensee bis Basel so wie so äusserst verwickelte sind. Zudem sind bei dieser ganzen Frage, um zu sicheren Ergebnissen zu gelangen, vor allem ausgedehnte vergleichende Beobachtungen an der Hand von sehr guten Karten grösseren Massstabs erforderlich, die dem Verfasser nicht zur Verfügung stehen**) und deren Studium auch zu sehr ins einzelne führen und zu viel Zeit beanspruchen würde. Es sollen daher die gemachten Andeutungen vorerst genügen. Vielleicht vermögen sie da und dort als Anregung zu weiterer Einzelforschung auf diesem hochinteressanten Gebiet zu wirken.

---

*) Das Material dieser Schotter ist ein gemischtes und setzt sich zusammen aus nordischen Gesteinsfragmenten und aus solchen der böhmischen Gebirge.

**) Die Höhenkurvenkarten von Württemberg im Massstab 1:25000 sind erst etwa zu einem Drittel erschienen.



Vierter Abschnitt:

Ueberblick.

Eigentümlicherweise sind die Verhältnisse des der Gegenwart nächst gelegenen geologischen Zeitalters — der Quartär- oder Diluvialzeit — und die zu jener Zeit abgelagerten Diluvionen (Kiese, Sande, Lehme, Lösse u. a.) von den Geologen des vorigen Jahrhunderts sehr stiefmütterlich behandelt worden. Diese Ablagerungen wurden auf den ersten geologischen Karten gar nicht dargestellt, was wohl in der Hauptsache daher rühren mag, dass sie — da auch die Böden und Alluvionen dazu gehören — mit verhältnismässig wenig Ausnahmen die ganze Landschaft, einer Schneehülle gleich, bedecken. Um den geologischen Karten ein abwechslungsreicheres Bild zu geben, wurden die Diluvialschichten gewissermassen als durchsichtig angesehen und vielfach nur die darunter liegenden älteren Schichten in verschiedenen Farben dargestellt. Neuerdings ist es, dank den geologischen Einzelaufnahmen insbesondere in Norddeutschland, wo sich eine Gliederung des Diluviums als unabweislich nötig erwies, anders geworden; ja es entstand sogar in den letzten Jahrzehnten eine bis zu einem gewissen Grad von der Geologie abgesonderte Literatur über die Eiszeiten.

Nach den heutigen Anschauungen über die Oberflächengestaltung unserer Erde sind die Gebirge und Täler einschliesslich der Tiefebenen und Meere — ausser durch Eruptionen und Hebungen und Senkungen von Erdschollen — durch Abschwemmungen und Einnagungen des frei fliessenden Wassers entstanden. Die Auflandungen sind entweder ebenfalls vom Wasser oder von Winden bewirkt worden. Hiegegen sprechen nun die verschiedensten Tatsachen:

Wenn es richtig wäre, dass der Vorgang des *Flächen- und Schichtenabtrags* durch Frost und Hitze, Wind und frei fliessendes Wasser erfolgen würde, so müsste er gegenwärtig noch stetig weitergehen und es müssten sich die Verwitterungserzeugnisse am Ursprungsort allenthalben in den verschiedensten Uebergangstufen des Zerfalls und der Abschwemmung vorfinden. Insbesondere müssten ausgedehnte Steinräuhen, Schutthalden und Schuttkegel allüberall vorhanden sein. Es wird aber das Gegenteil wahrgenommen.

Der Zustand des Vorgangs des Flächenabtrags entspricht dem plötzlichen Aufhören der Wirkung mächtiger Kräfte.

Wenn seit der, gegen die Mitte der Tertiärzeit stattgehabten durchgreifenden Erdrindenbewegung keine anderen äusseren Kräfte auf den Wasserabfluss eingewirkt hätten, müssten unsere *Flussläufe* in weitgehendster Weise den Erdschollenbrüchen und Verwerfungspalten folgen. Statt dessen sehen wir aber sehr häufig, wie ein Fluss über eine mächtige Absenkungspalte, die streckenweise auf seinen Lauf bestimmend eingewirkt hat, plötzlich scheinbar ohne Grund hinwegläuft. In zahllosen Fällen ferner, wo die geologischen Schichten ohne jegliche Verwerfungspalte oder Schollenbruchlinie, ohne das Vorhandensein eines Schichtengewölbs oder einer Schichtenmulde in ungestörter, regelmässiger Neigung hinstreichen, ist es sehr schwer, einen Grund für die Einnagung einer Talmulde, die der Schichtenneigung nicht folgt, zu finden. Geradezu unmöglich wird in solchen Fällen die Erklärung von Flussknickungen, von vollständigen Flussumkehrungen und von stumpfwinkligen Einmündungen von Seitentälern ins Haupttal (Fig. 21 und 22). Der Umstand, dass Flüsse auf ein Gebirge zufliessen, das sich ihrer Abflussrichtung mit seinem Steilabfall senkrecht entgegenstellt, in dieses Gebirge mit einer trichterförmig sich „verengenden" Bucht eindringen (Altmühl S. 32, Neckar und Ammer bei Tübingen S. 162 und 165) und es scheinbar mühelos durchbrechen, ist ebenfalls als hydrographische Unmöglichkeit zu bezeichnen.

Eine häufige Erscheinung des Flach- und Hügellandes bilden die nur mässig eingetieften *Talmulden* mit geringem Längsgefälle und ohne jegliches Rinnsal. Ihre Entstehung findet bei der heutigen Anschauung der Oberflächnmodellierung durch Wassererosion auch unter der Annahme von einseitigen ungeheuren Niederschlägen in den Augen des Hydrotekten keine befriedigende Erklärung.

Die Bildung von mächtigen *Talkesseln* ohne namhaftes Niederschlagsgebiet der erodierenden Tätigkeit des Wassers im Verein mit der Verwitterung zuzuschreiben, erscheint auch bei Zuhilfenahme der längsten Zeitabschnitte nicht einwandfrei.

Ebenso lässt die Erklärung des *Vorgangs der Verwitterung* manche Frage unbeantwortet. Hier ist die felsige Unterlage einer Hochebene glatt gescheuert oder die verwitterte Bodendecke ganz dünn, dort schwillt sie unter ähnlichen Verhältnissen auf 10 und mehr Meter Mächtigkeit an. Nicht selten enthält der Boden keine Spur von den Bestandteilen (z. B. Kalk) der unterlagernden oder von den früher darüber gelagert gewesenen Schichten. Entgegen dem Gesetze, dass fliessendes Wasser an der eingebogenen Stelle des Hangs Abtragungen, an der ausgebogenen Hangseite Auflandungen bewerkstelligt, findet man des öfteren Ablagerungen am konkaven, Angriffe

des Hangs am konvexen Ufer, mächtige Ton- und Sandlager, scharf von einander getrennt, am einen Ufer und nicht eine Spur davon am andern. Auch sind z. B. die Loslösung der oft glatt gehobelten Inselberge von den Gebirgsmassiven, oder die Auswitterung von kreisrunden oder scharfgratigen Kegelbergen, der Durchbruch kleinster Bäche mit ganz unbedeutenden Einzugsgebieten durch mächtige witterungsbeständige Felsmassen (wie z. B. Porphyr, Anm. S. 144) und ähnliches, Vorkommnisse, die sich nicht durch die Wirkung frei fliessenden Wassers erklären lassen.

Dass die *Gliederung der Ablagerungen* in Decken-, Hochterrassen- und Niederterrassenschotter, in Block-, Berg- und Tallehme, in ungegliedertes Diluvium und in 100 und mehr Meter mächtige alluviale Ablagerungen neuerdings erhebliche Fortschritte gemacht hat, ist nicht zu verkennen. Andererseits müssen aber zur Erklärung des Vorkommens diluvialer Gebilde die eigenartigsten Zuflüchte genommen werden: Abrasionswellen, jahrhundertelang dauernder Wechsel von mächtigen Hebungen, Senkungen und wiederholten Hebungen von Erdschollen in der Grösse von halb Europa, Kesselbrüche und Absenkungen mit Nachsackungen ohne Kenntnis der Absinkungsspalten, Zusammenblasen von bis zu 600 m starken Löss- und Sandschichten durch Winde und ähnliches.

Nach dem vorstehenden gelangt man somit zu dem feststehenden Grundsatz, dass die Entstehung der heutigen Bodenoberfläche der Erde unter blosser Zugrundlegung der heute tätigen Kräfte nicht erklärt werden kann.

Es verdanken vielmehr all die eben geschilderten Verhältnisse wie auch z. B. die Entstehung mächtiger Steilabfälle und ihre Rückwärtswanderung, die Abtragung und Abschwemmung ausgedehnter Flächen, die Abschiebung überlagernder Schichten u. s. w. ihre Bildung ausschliesslich der Wirkung mächtiger über die ganze Erde hinweg gegangener Eismassen. Ebenso kann die Ausnagung und Einfressung von Flusstälern mit breiten Talböden von trogförmigem Querschnitt, wie sie im Hoch-, Hügel- und Flachland die Regel bilden, nur durch Gletscherströme und von klamm- und cannonähnlichen Talgebilden nur durch Eis unter Mitwirkung von unter Druck stehendem Schmelzwasser gedacht werden. Für diese Annahme sprechen alle unsere Bergformen, Täler, Seen, Meere und die oft ganz eigentümliche Liegestätten zeigenden Diluvialablagerungen, sowie auch die oft hunderte von Meter mächtigen Alluvionen.

Die Tätigkeit des Eises wird wesentlich verschiedene Wirkungen äussern, je nachdem die Massen frei abfliessen und ohne Hindernis geschoben werden konnten oder gestaut wurden. Da in beiden Fällen die in den voreiszeitlichen Mulden und Rinnen fortbewegten Eismassen am mächtigsten und die Schubkräfte dort daher auch am stärksten waren, zeigen sie die stattgehabten

Umwälzungen am augenfälligsten. Es besteht somit ein innerer Zusammenhang zwischen den voreiszeitlichen und dermaligen Talfurchen und Flussläufen.

Frei abfliessende Eismassen werden, wenn sie in einem bestehenden Tal abwärts wandern, dieses Tal wesentlich erbreitern und vertiefen. Werden die Eismassen in einem Tal seinem Gefäll entgegen bis zur hinteren Wasserscheide flussaufwärts geschoben — oder, was im wesentlichen gleichbedeutend ist, füllen die zuströmenden Eismassen ein Flussgebiet bis auf die Höhe der es umrahmenden Wasserscheidelinien an —, so wird das Eis am tiefsten Punkt der Scheide in das Nachbargebiet übertreten. Da der Eiszufluss aber zumeist in breiter Front erfolgte und mehrere nebeneinander liegende, annähernd gleich gerichtete Täler umfasste, so lagen die Uebertrittstellen zumeist an den hintersten Wasserscheideteilen (z. B. Albflüsse). Die Wasserscheiden wurden daher von den überfliessenden Eismassen erweitert, vertieft und nach rückwärts verlegt, d. h. die Richtung des Tals wurde umgekehrt. Schloss sich an die hintere Wasserscheide eine Senke — wie z. B. der Rheintalgraben — an, so erzeugte das jenseits der Scheide nunmehr „abstürzende“ Eis eine der Masse, dem Gefäll, der Zeitdauer und der Widerstandsfähigkeit des Untergrunds entsprechend grosse Auskolkungsbucht. Jede dieser Eisübertrittstellen bildet daher heute einen Pass, hinter dem sich ein Schlagloch befindet. Die Höhenlage des Passes und die Tiefenlage der Ausmündungstelle des Kolks stehen in der Art in einem wechselseitigen Verhältnis, dass das dem tiefsten Pass entsprechende Schlagloch in gleicher Höhe mit der Sohle des Haupttals liegt, während derjenige Kolk, der durch das über den höher gelegenen Pass geflossene Eis ausgehöhlt wurde, mit einer Steilstufe ins Haupttal abfällt. Es rührt dies daher, dass der alte Talboden zur Zeit, als das Ueberfliessen über einen höheren Pass aufhörte, eine entsprechend höhere Lage hatte und erst im weiteren Verlauf durch das über niederere Stellen überfliessende Eis noch mehr eingetieft wurde. Diese letzte Vertiefung nimmt infolge der allmählich abnehmenden Mächtigkeit des Eisstroms oft nicht mehr die ganze Breite des Talbodens ein, weshalb häufig im Haupttal eine Stufe beobachtet wird, welche mit ihrer Höhe genau der Sohle der kleinen Seitentäler entspricht. Laufen mehrere annähernd gleich gerichtete Mulden an der Wasserscheide in kleinen gegenseitigen Abständen aus, so reiht sich jenseits der Scheide Schlagloch an Schlagloch und es entsteht eine stufenförmige Abtreppung der ursprünglichen Hochfläche (vergl. Fig. 31), wobei die Oberfläche der Stufe — die Auffall- und Gleitfläche der weiter fliessenden Eismassen — von einer witterungsbeständigen Gesteinschichte gebildet wird. Dem von den beiderseitigen Talhängen der Mulden geworfenen „Eisschatten“ entsprechend, finden sich jenseits der Scheide zwischen den Schlaglöchern beiderseits abgeschliffene und erniedrigte Landzungen oder gratförmige Bergvorsprünge, deren Längsrichtung die

Abflussrichtung des abgefallenen Eises angibt. Wenn sich aber an das voreiszeitliche Tal, in dem das Eis aufwärts geschoben wurde, seitlich eine Senke oder niedere Punkte der Wasserscheide anschlossen, so erfolgte selbstverständlich der Erguss der Eismassen nach dieser Richtung; das ursprüngliche Tal wurde seitlich angezapft, also nicht umgekehrt, sondern umgeknickt d. h in eine mehr oder weniger grosse Zahl von Quertälern aufgelöst (z. B. Kinzig, Murg u. a. vergl. Fig. 38—42).

Die eigenartigsten Wirkungen wurden durch *Aufstauungen des Eises*, die teils von widerstandsfähigen Gesteinschichten, teils von anderen Eisströmen herrührten, erzeugt. In talabwärts vom Eis durchfurchten Tälern enstanden dadurch ein Wechsel von Talverengungen und Talerweiterungen (Riegeln und Wannen Fig. 5 und 6), die in Faltengebirgen übrigens vielfach den Faltenbergen und Faltentälern entsprechen, sowie Inselberge und abgeschnürte Bergkuppen (Fig. 9—11). An der Richtung der Ausbauchung der Wasserscheidelinie zwischen dem Inselberg und dem Bergmassiv, von dem er abgetrennt wurde, kann die Abflussrichtung des Eises in unzweideutiger Weise angegeben werden (vergl. Fig. 12—15). Ebenso lässt sich an den im Ur- und Kalkgebirg häufig beobachteten Felsen, die turmähnlich senkrecht aus dem Talhang emporstechen und Erzeugnisse der Kräfte der in ihrem freien Abfluss behinderten Eismassen sind, durch die Art und Weise der Abschleifung des Felsens, der Gratbildung und der Verwachsung mit dem dahinter liegenden Talhang, die — öfters spiralförmig gebogene — Hauptabflussrichtung des Eises bestimmen. Den weitgehendsten Einfluss auf die Oberflächengestaltung der Erde haben aber die mächtigen Eisaufstauungen dadurch ausgeübt, dass sie stauende Gebirgsketten und Riegel zum Durchbruch brachten und in Verbindung damit ein plötzliches Absenken des Eisstands herbeiführten. Jedem länger dauernden Aufstau der Eismassen entspricht ein Talboden und der Niederschlag eines teilweise beträchtlichen Bodensatzes in Form von Kies, Sand, Lehm, Löss, sowie die Absetzung von Kalktuff, die Bildung von Talerweiterungen. Wasserfällen und die verschiedene Höhenlage der Mündung von Karen. Mit dem Absenken des Eisstands in den Kolk wurden die alten Talböden von einzelnen Eiszungen durchfurcht und gegliedert. Die Wiederholung des Stauvorgangs in tieferer Lage, sei es an der nämlichen Stelle, sei es an anderer, und damit die Ineinanderschachtelung mehrerer Talböden erschwert des öftern die Uebersicht und das Klarsehen. Dies trifft insbesondere für Schwaben zu, wo die ganz eigenartige Gestaltung und Gliederung der Oberfläche die Annahme von alpinen Eisströmen von teilweise recht verschiedenen Richtungverhältnissen ausser aller Zweifel setzt. Der Zusammenhang der grossen Auskolkungsbuchten am Fusse des Jura- und Keupersteilabfalls mit den hauptsächlichsten Eiszufuhrfurchen des Bodensees, der Jller und des Lechs, die Bildung von kleineren Auskolkungen hinter jeder noch so unscheinbaren Mulde des Alb- und des Keuperabfalls,

die Ausfüllung der im Stau des Neckargletschers mündenden Schlaglöcher am Fusse der Alb mit mächtigem Weissjurageröll und am Fusse der mergelreichen Keuperberge mit breiartigen Massen (Versumpfungen und Vermoorungen), die Richtungverhältnisse der Ausbauchungen aller Sattelbögen, sowie der Felsen der Albtäler, der unscheinbarsten Höhenrücken und Einmuldungen am Fuss der Alb und im Keupervorland reden eine für jedes scharf beobachtende Auge nicht misszuverstehende Sprache.

Nach den in den vorstehenden Abschnitten gemachten Schilderungen war zur Zeit des Höchststands der Vergletscherung, der in die Zeit zwischen dem Mitteltertiär (Miocän) und der bisher als grossen oder älteren bezeichneten Eiszeit (Risseiszeit) fällt, d. h. zur Günzeiszeit (vergl. S. 3) beinahe der ganze Erdball vereist. Die einschlägigen Einzelverhältnisse sollen hier noch einmal in Kürze zusammengefasst werden.

Zur Zeit des Höchststands der Vergletscherung bewegten sich vom Nord- und Südpol aus, als den hauptsächlichsten *Nährböden* der Gletscher, Eisströme von fast unvorstellbar grosser Mächtigkeit weit über den Aequator hinaus in die jenseitige Halbkugel hinüber. Die vom Nordpol ausgehenden Ströme mögen bis ins Kapland d. h. bis zum 30° südlicher Breite, diejenigen des Südpols einerseits bis in die Höhe von England, andererseits bis Alaska, also bis zum 60° nördlicher Breite, geflossen sein. Ebenso flossen von allen höheren Gebirgen, insbesondere von den Alpen und vom Himalaja beträchtliche Gletschermassen nach Norden und Süden ab (vergl. schematisches Titelbild und Fig. 147).

Die *Höhe* des Eisstands wird an den Enden der Ströme wohl etwa zu 1000—1200 m über dem heutigen Meeresspiegel anzunehmen sein; von dieser Höhe ist jedoch, um die Mächtigkeit der Eisströme selbst zu erhalten, die ursprüngliche Höhe der durch das Eis abgearbeiteten Oberfläche der Erdrinde in Abzug zu bringen. Zu Beginn der Eiszeit mögen auch die polaren Festländer ausgedehnter und mit höheren Gebirgen besetzt gewesen sein, als heute (vergl. S. 185), wie dies ja auch sowohl bezüglich der Masse als der Höhe für die Hügelländer Süddeutschlands, Russlands und Nordamerikas, sowie für die Alpen und überhaupt die meisten Gebirge der Erde nachgewiesen worden ist.

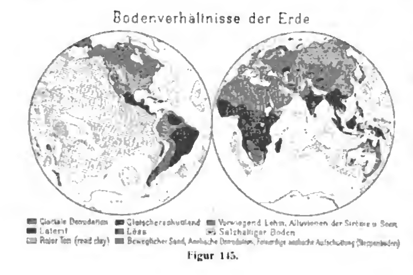
Die *Wirkungen* dieser unmittelbar gegeneinander geflossenen und teilweise zackenförmig in einander gedrungenen Eismassen waren ungeheuerliche und Staunen erregende: Ganze Festländer wurden bis unter den Meeresspiegel abgetragen, so zerstörte der Nordpolgletscher den Zusammenhang zwischen Europa und Nordamerika und ebenso die Verbindungsbrücken zwischen Asien und Nordamerika, sowie zwischen Asien und Australien, während der Südpolargletscher Afrika von Südamerika und von Australien trennte. Die 3 grossen Ozeane und die Meerbusen der Nord-

und Ostsee, des Mittelländischen-, Schwarzen-, Roten- und Persischen Meers, des Arabischen- und Bengalischen Busens, des Chinesischen-, Gelben- und Ochotzkischen Meers, sowie des Mexikanischen Golfs wurden von Eismassen ausgebohrt, vergrössert und zergliedert. Die stehen gebliebenen Festlandsteile und Gebirge wurden dabei so gewaltig umgestaltet, dass heute nur noch vereinzelte Spuren des mitteltertiären Zustands zu erkennen sind Die mächtigen Schichten, die auf den dem Gletscherschub besonders stark ausgesetzten Hochflächen der heutigen Festländer lagerten, wurden vom Eis abgeschoben. All die Bergzacken, Inseln, Buchten und Seen, die jetzt die Schönheit unserer Landschaften ausmachen, sind ursprünglich Erzeugnisse der ablösenden Kräfte jener Eisströme. Während ferner einerseits Länderteile von ungeheurem Umfang und grösster Fruchtbarkeit durch diese Eismassen abgetragen und zermahlen und weite Landstriche durch Schlamm- und Sandauflagerungen in Wüsten umgewandelt wurden, sind andererseits durch die zur Eiszeit infolge Verwitterung und Ausschlämmung enstandenen Tone und Lösse wieder Böden geschaffen worden, welche an Fruchtbarkeit die früheren jedenfalls übertreffen. Wiederholt ist besonders der Umstand hervorzuheben, dass die mächtigen Ablagerungen und Auflandungen sich ohne jede Zuhilfenahme einer Aenderung in der Höhenlage der Erdrinde während der Quartärzeit (insbesondere ohne Tafel- oder Kesselbrüche, sowie ohne Schollen- und Küsten-Hebungen oder -Senkungen), einzig und allein durch Eiswanderungen ungezwungen erklären lassen. Die oft rasch wechselnde Höhe des Eisstands sowie der streckenweise beobachtete Wechsel und die Umkehr der Abflussrichtung dieser Eisströme sind entweder auf einen ungleichmässigen Abschmelzungsvorgang oder aber in sehr vielen Fällen nachweisbar darauf zurückzuführen, dass die weiterwandernden Eismassen in mächtigen Staubecken von mehreren hundert Quadratkilometer Grösse hingehalten und infolge des Bruchs eines stauenden Riegels zum plötzlichen Abfluss gebracht wurden. Dabei muss, wie ebenfalls schon erwähnt, berücksichtigt werden, dass an denjenigen Stellen, wo zwei oder mehrere Eisströme annähernd senkrecht aufeinander trafen, der Ausgleich der ungeheuren Druckspannungen sich teilweise in gewaltsamen Umkehrungen der Abflussrichtungen und unter wirbelähnlichen Erscheinungen vollzog, in ähnlicher Weise, wie dies bei Wasser beobachtet und in Karten über Meeresströmungen dargestellt ist. Wie aber bei Flüssen an derartigen Stellen teils Uferanbrüche, teils Auskolkungen der Sohle beobachtet werden, so musste auch bei Eisströmen der Ausgleich der unfassbar mächtigen Kräfte teils in seitlicher, teils in abwärts gehender Richtung erfolgen. In den auf diese Weise entstandenen umfangreichen und tiefgründigen kesselartigen Eintiefungen (Hoch- und Tiefebenen, Seen, Seenplatten, Meerbusen, Ozeanteilen), können daher den verschiedenen Eisständen entsprechend, an den Umwandungen Abtreppungen

und, an besonders geschützten Stellen, auch in der Mitte des Kessels Schollenreste der früher durchgehenden Schichten gefunden werden. Die ebenfalls zur Quartärzeit häufig beobachteten Ausuferungen von Wasser- und Schlammmassen (Transgressionen) an Seen und abgeschnürten Meeresteilen finden durch das Einfliessen von fremden Eismassen ungezwungene Erklärung.

Bezüglich der *Zeitdauer* des Schichtenabtrags zur Quartärzeit ist hervorzukehren, dass dieser sich in ganz wesentlich kürzerer Zeit vollzogen haben wird, als bisher, bloss unter Zugrundlegung der chemischen und mechanischen Wirkung des Wassers, angenommen wurde. Das Ende der Tertiärzeit rückt damit der Gegenwart um ein bedeutendes näher.

Da die Eismassen mit der Erde nicht fest verbunden sind, so hat bei ihnen wohl — ähnlich, wenn auch weit nicht so stark wie bei den spiralförmigen Bahnen, welche die Luftteilchen der Winde und die Wasserteilchen der Meeresströmungen beschreiben, — die Umdrehung der Erde einen Einfluss auf die *Richtung* des Fliessens ausgeübt. Beachtet man nun, dass die Umdrehungsgeschwindigkeit der Erde mit der Zunahme der Durchmesser der Breitegrade in der Nähe der Pole sehr rasch, in der Nähe des Aequators aber nur noch ganz langsam wächst, so müsste dementsprechend auch die Zunahme der Ablenkung bei den Polen sehr gross, beim Aequator verschwindend klein ausfallen. Auf diesen Umstand wäre vielleicht das südwestliche Fliessen des nordpolaren Eisstroms (vergl. S. 71 und 74) von Island gegen Amerika, von Sibirien gegen den Aral- und Kaspi-See und von der Behringstrasse entlang der ostasiatischen Inselketten zurückzuführen. Auf den Südpolargletscher kann diese Betrachtung nicht in derselben Weise angewandt werden, da sich in der Nähe des Südpols, also da, wo die Ablenkung am auffälligsten sein müsste, heutzutage überhaupt keine Festländer mehr befinden. Im übrigen war die Richtung des Fliessens durch die zu Ende der Tertiärzeit vorhandenen Talmulden und Geländeeinschläge, durch Gebirgstöcke, sowie insbesondere auch durch das Zusammentreffen und die dadurch hervorgerufenen gegenseitigen Aufstauungen mehrerer Eisströme bedingt.



Figur 145.

An Hand der dem Berghaus'schen Atlas entlehnten, in Figur 145 wiedergegebenen Dar-

stellung der *Bodenverhältnisse der Erde* — wobei jedoch bei dem dermaligen unvollständigen Stand der einschlägigen Forschungen nur ein ungefähres Bild zu erhalten ist — gelangt man zu nachstehenden Ergebnissen: Die als „glaziale Denudation" und als „Gletscherschuttland" bezeichneten Gebilde entstammen der Riss- und Würmeiszeit. Dagegen sind die anderen Ablagerungen wie „vorwiegend Lehm, Laterit*), Löss, salzhaltiger Boden, beweglicher Sand, äolische Denudation und feinerdige äolische Aufschüttung (Steppenboden)", sowie auch die meisten der als Alluvionen und gemeinhin als Boden bezeichneten Gebilde Erzeugnisse der Günz- und Mindelzeit. Das Vorkommen des salzhaltigen Bodens, der in der Figur mit schwarzen Punkten bezeichnet ist, zeigt deutlich an, dass die klein- und innerasiatischen Ablagerungen, die im Süden von unübersteiglichen Gebirgen umgeben sind, dem nördlichen Eismeer, diejenigen von Nordamerika, die im Osten von hohen Gebirgen begrenzt sind, dem südlichen Eismeer bezw. dem Stillen Ozean entstammen. Sodann sei noch darauf hingewiesen, dass nach vorstehendem diejenigen Gebiete der Erde, die keinen Abfluss nach dem Meer haben (vergl. Fig. 146), sich in der Hauptsache dort finden, wo die mächtigen Sandwälle der damaligen Moränen in verschiedenen Richtungen gegen-, auf- und ineinander geschoben wurden.

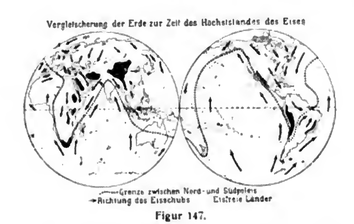


Figur 164.

Aber auch die Beschaffenheit des *Meeresgrunds*, insbesondere diejenige der Tiefsee, scheint wertvolle Bestätigungen des vorstehenden zu enthalten. Die der Jetztzeit angehörigen Küstenablagerungen der nördlichen und südlichen Meere von geringerer Tiefe weisen vielfach Stein- und Sandeinbettungen auf, welche als Moränenreste der jüngeren Vergletscherungen anzusehen sein dürften. So enthalten z. B. die in gewissem Grad noch zu den Küstenablagerungen gehörigen Niederschläge des nördlichen Eismeers grosse und kleine Steine (Granit, Gneis, Schiefer, Marmor, Kreide u. a.) in solcher Menge, dass der Meeresgrund an manchen Stellen wie damit übersät erscheint; in der Ostsee finden sich besonders im Finnischen- und Bottnischen Meerbusen Findlinge aus der Risseiszeit, im westlichen Teil auf den Bänken grober und feiner Sand, in den tieferen Stellen weicher Schlick oder harter Ton; in der Nordsee liegen, ausser Sand und Schlamm, viele kleine Steine; das Adriatische und Rote Meer zeigt reichliche Mengen von Quarzsand. Im Gegensatz hiezu und zu den organischen Schlammablagerungen (vergl. Anmerkung 5 S. 53) besteht der Boden der grösseren 4000m übersteigenden Tiefen des Atlantischen- und Stillen Ozeans aus „vorherrschend roten Tonen"

*) vergl. Anmerkungen S. 52—53.

(read clay), die wohl in gleiche Linie mit dem Laterit (Terra rossa) der Festländer gestellt, also den Ablagerungen der Gletscherströme der Günz- und Mindeleiszeit zugezählt werden dürften.



Figur 147.

Das Gesamtergebnis*) der vorstehenden Ausführungen lässt sich in folgende Sätze zusammenfassen (vergl. Fig. 147): *„Das Relief des Erdballs erfuhr seit der Tertiärzeit dadurch ganz gewaltige Umformungen im grossen und tief einschneidende Veränderungen an den Einzelgliedern der Festländer und Meerbusen, dass Eismassen von ungeheurer Mächtigkeit von Pol zu Pol — also beiderseits über den Aequator hinweg — gegeneinander und keilförmig durch- und ineinander geschoben wurden. Zur Zeit ihres Höchststands schufen diese Riesengletscher die heutigen Umrisse und die jetzige Gestalt der Erdteile und Meere. Bei dem ungleichmässigen, von längeren Stillständen und kleineren Vorstössen unterbrochenen Abschmelzungsvorgang erzeugten die nunmehr in mächtige Einzelzungen aufgelösten Gletschermassen durch weiter fortschreitende Ausfurchungen mit nebenhergehenden Auflandungen die dermalige Oberflächenbildung der Erde.“*

---

*) Die vorstehenden Ergebnisse können *zum Klarsehen in vielen Fällen* und zur *Lösung praktisch wichtiger Fragen* dienen. Es soll hier nur an die Gliederung der diluvialen Schotter, Lehme und Lösse, an die Bewertung der Güteverhältnisse der Bodenarten, an die Aufsuchung von gold- und edelsteinführenden Diluvialablagerungen, an die Erschliessung von Grundwasser in den diluvialen Eisrillen und wannenförmigen Taleinschnitten und dergl. erinnert werden. Auch sei hier auf einige Erfahrungsätze hingewiesen, welche die Strassen- und Wasserbau-Ingenieure sich zu Nutzen gemacht haben und aus denen diese Männer der Praxis, die die Naturvorgänge mit besonderer Schärfe zu beobachten gezwungen sind, sich für die Anlage ihrer Bauten *Konstruktionsregeln* gebildet haben.

Wie im nördlchen Europa und Amerika nur diejenigen Gebirge, Kjölen-Ural, (S. 61,) und Rocky Mountains-Alleghany, S. 76), welche die Eismassen als Leitlinien führten, dem Eisschub stand hielten und wie diejenigen Gebirge (Waldai Höhe und Ozarkgebirge einerseits, Balkan-Jaila-Kaukasus (S. 64) und Yucatan-Kuba-Haiti andererseits S. 77), die quer zur Richtung der Eisströme lagen, entweder von Grund aus zerstört oder auf weite Strecken durchbrochen und abgetragen wurden, so lenkt der Wasserbau-Ingenieur *Lawinen und Murgänge durch Schutzwehren* annähernd parallel den bewegten Massen allmählich in andere Richtung ab und vermeidet alle festen Querbauten, die in notwendiger Folge zerdrückt würden.

Wie die gewaltige Macht der Eismassen beim Abfall in weiche Schichten (schwäbisch-bayerisches (S. 125), oder norddeutsch-polnisches (S. 145) und mittelamerikanisches (S. 76) Miocänmeer) gebrochen wird, so schafft der Fachmann auch an den *Abfallstellen der Lawinen* auf künstliche Weise *weiche Auffallflächen*, in denen sich die bewegten Massen „tot fallen“.



Fünfter Abschnitt:

Anhang.

A. Ursachen der Eiszeiten.

Ueber die Entstehung der Eiszeiten im allgemeinen sind schon die verschiedensten Vermutungen aufgestellt und nachher ganz oder teilweise wieder aufgegeben worden.

Gegen *kosmische Ursachen*, wie Veränderungen in der Exzentrizität der Erdbahn, das Vorrücken der Tag- und Nachtgleichen, kosmische Nebel u. s. w., lässt sich, abgesehen von anderen Bedenken, stets auch der Einwand erheben, dass sie eine regelmässige Wiederkehr der Abkühlung der Atmosphäre in verhältnismässig kürzeren Zeiträumen bedingen würden. Es erscheint daher viel wahrscheinlicher, den sehr wesentlichen Unterschied im Klima auf rein terrestrische Erscheinungen zurückzuführen.

Gegen das Ende der Tertiärzeit (Oligocänzeit), also in dem der Eiszeit unmittelbar vorhergehenden Zeitraum, fand eine sich über den ganzen Umfang des Erdballs ausdehnende mächtige *Faltung der Erdrinde* statt, die als Folge einer Verringerung des Rauminhalts der Erde angesehen werden muss.*) Die Faltenbildung (vgl. Fig. 148) verläuft im wesentlichen in west-östlicher Richtung und bewirkt die notwendige Verkürzung der Meridiangrosskreise, während durch die in nord-südlicher Richtung streichenden Falten der Aequator und die Parallelkreise der Breitegrade ihre entsprechende Verkürzung erhielten.**)



Fig. 148.

*) Süss, S. 143. „Die sichtbaren Dislocationen in dem Felsgerüst der Erde sind das Ergebnis von Bewegungen, welche aus der Verringerung des Volums unseres Planeten hervorgehen. Die durch diesen Vorgang erzeugten Spannungen zeigen das Bestreben, sich in tangentiale und in radiale Spannungen und dabei in horizontale (d. i. schiebende und faltende) und in vertikale (d. i. hebende und senkende) Bewegungen zu zerlegen."

**) Für die Alpen wurde ausgerechnet, dass die Mehrlänge der ausgestreckten Gesteinschichten gegenüber den gefältelten etwa 100 - 120 km beträgt. Die den Zusammenschub bewirkende Faltungskraft ist nach Wepfer (Vierteljahrschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, Jahrgang L, 1905) 1720 mal grösser gewesen, als die Bruchfestigkeit des Granits auf Druck.

In ingenieurtechnischer Richtung kann der Vorgang verglichen werden mit dem Verhalten eines Gewölbes von riesiger Spannweite, bei dem sich — da mit der Faltung eine Schrumpfung, also eine Verringerung der Spannweite verbunden ist — die Widerlager gegenseitig zu nähern suchen. Die Folge wird eine Hebung des Scheitels sein.

Durch diese Faltenbildung allein, besonders durch die west-östlich streichende, wäre nun eine übermässige Abplattung des Erdballs eingetreten, es muss daher angenommen werden, dass bei der Herstellung des Gleichgewichts sämtlicher den Planeten angreifenden Kräfte, die stets die Bildung eines Ellipsoids von bestimmtem, der Fliehkraft entsprechendem Achsenverhältnis anstreben, gleichzeitig mit dieser Faltenbildung eine *Hebung der polaren Zonen* eingetreten sein muss. Ob dieses Entstehen polarer Gebirge ebenfalls durch Aufstauchen von Falten oder unmittelbare Hebung oder durch Stehenlassen der Polargebiete als Horste *) (bei gleichzeitigem Absinken der Umgebung) vor sich gegangen ist, stehe dahin. Die erste Möglichkeit ist in der verzerrt gezeichneten Skizze (Fig. 149) am Nordpol, die zweite am Südpol veranschaulicht.

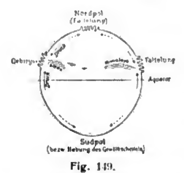


Fig. 149.

Bekanntlich besass Skandinavien um die Mitte der Tertiärzeit ein Klima, das etwa gleich dem gegenwärtig an der französisch-italienischen Riviera herrschenden war. Zu dieser Zeit fanden, wie erwähnt, ungeheure Störungen im Gleichgewicht der Erdrinde statt, wobei die, den ganzen Planeten umfassenden Kettengebirge gefältelt, allwärts mächtige trachytische und basaltische Massen (in Süddeutschland, Hegau, Kaiserstuhl, Eifel, Westerwald, Vogelsberg, Rhön, Ries u. a.) emporgetrieben und z. B. durch die Juraschichten der Schwäbischen Alb hindurch etwa 125 Puffröhren erzeugt wurden. Dass bei derartig grossen vulkanischen Eruptionen und gewaltsamen Durchschlägen von mehreren hundert Meter mächtigen Gesteinpfropfen die atmosphärische Luft sehr stark in Mitleidenschaft gezogen werden musste, ist einleuchtend. Insbesondere erscheint es vom physikalisch-technischen Standpunkt aus sehr wohl möglich, dass die bei diesen Vorgängen mit Macht ausgestossenen heissen Dämpfe und Gase nach Art eines Strahlapparats gewirkt und die warmen, unteren Luftschichten abgesaugt und gewaltsam in die oberen Regionen mitgerissen haben. Hiedurch wäre — und diese Frage mag von Berufsgelehrten beantwortet werden — entweder an eine Abgabe von Wärme an den Weltenraum oder zum mindesten eine Mischung der unteren warmen und oberen kalten Luftschichten und dadurch eine *Abkühlung der Luft* über der Erdoberfläche, verbunden mit ausnehmend kräftigen Niederschlägen in Schneeform, zu denken.**)

Die oben geschilderte Erhöhung oder völlige Neubildung zweier polarer Festländer, sowie die anfangs bedeutend höhere Faltung der euro-

*) Vergl. Süss, S. 647—649.

**) Wenn dies richtig wäre, würde sich auch die in Ostindien und anderwärts beobachtete Permeiszeit ohne weiteres erklären, weil dieser Zeit die mächtigen Auftriebe von granitischen und porphyrischen Massen vorangingen.

päischen und asiatischen Gebirge im Verein mit der in ursächlichem Zusammenhang damit stehenden Erniedrigung der Wärme der atmosphärischen Luft genügen nun aber vollständig zur *Erklärung der Eiszeiten*. Dass tatsächlich an den Polen Festländer vorhanden gewesen sein müssen, geht für den Nordpol daraus hervor, dass, wie S. 60 ausgeführt, in dessen Nähe aufs deutlichste Wannen- und Riegelbildung, letztere an Nowaja-Semlja und Spitzbergen erkennbar, vorhanden ist. Das nämliche bekunden beim Südpol die neuesten Entdeckungen am Gaussberg und an den Fjordküsten von Viktorialand, welche das Ergebnis hatten, dass mit der Möglichkeit des Vorhandenseins eines heute noch 8–9 Millionen Quadratkilometer grossen südpolaren Festlandes allen Ernstes gerechnet werden muss, dass ferner Viktorialand (insbesondere bis zum 83° südlicher Breite) von bis über 4000 m hohen Bergketten durchzogen ist und dass am Rande des Packeises grössere (bis 4000 m messende) Tiefen (also ebenfalls Wannenbildung) sich befinden, als bisher angenommen wurde.

Nun sind, wie früher gezeigt wurde, von beiden Polen zur Günz- und Mindeleiszeit Gletscherströme von kaum vorstellbarer Gewalt nach allen Richtungen abgelaufen. Einen weiteren umfangreichen Nährboden für Eisströme stellten insbesondere die Alpen und der Himalaja dar*). Alle diesen Stellen enströmenden Riesengletscher setzen nun aber selbstverständlich eine entsprechende, ungeheure Nährmasse an Gletschereis voraus. Dieselbe wird bestimmt durch die *Fläche des Nährbodens* und die *Höhe des Niederschlags*, welch' letztere ihrerseits mit der Höhe über dem Meer sehr rasch zunimmt. Da nun aber die Fläche z. B. in den Alpen und im Himalaja ehedem wohl grösser war als heute, aber doch nicht in so weit gehendem Umfang, als zur Erklärung nötig wäre, so kann in der Hauptsache nur die früher grössere Höhe dieser Faltengebirge die Ursache des damals viel bedeutenderen Niederschlags und Eisabflusses gewesen sein. Es liegt der Annahme kein Hindernis im Wege, dass die Alpen und der Himalaya früher höher waren als heute; denn die stellenweise in die Luft zeigenden Grenzlinien der gefalteten Schichten, sowie die zahlreichen ausgemodelten Einzelberge weisen mit Sicherheit auf eine ganz beträchtliche frühere Mehrhöhe hin. Für die polaren Festländer dagegen dürfte nicht nur eine ursprünglich bedeutend grössere Höhe, sondern nach vorstehendem auch eine wesentlich ausgedehntere Fläche anzunehmen sein, woraus dann mit Leichtigkeit die Erzeugung der grossen Eisströme zu erklären wäre.

Mit dem Abströmen der Gletscher war nun aber selbstverständlich eine allmähliche *Erniedrigung der Höhen* und teilweise vollständige *Abtragung*

*) Ausserdem hatten wohl damals auch viele Mittelgebirge, wie Schwarzwald, Vogesen, Harz, Riesengebirge u. a., eigene, mehr oder weniger grosse Gletscher.

der Nährböden verbunden und eben damit musste auch eine entsprechende Verminderung der Niederschläge und Eisabflussmengen eintreten, die bis heute anhält und schliesslich das völlige Verschwinden des Gletschereises zur notwendigen Folge haben wird, falls sich nicht vorher ein weiterer ähnlicher Faltungsvorgang wiederholen sollte.

Nach vorstehender Darlegung hätte jedoch nur eine einzige in ihren Wirkungen stetig abnehmende Eiszeit stattgefunden und das — allgemein angenommene und auf Klimaschwankungen zurückgeführte — Aufeinanderfolgen mehrerer Vergletscherungen mitsamt den dazwischen gelegenen Zeiten (Interglazialen) fände keine Erklärung. Allein auch für diese Erscheinungen soll im nachstehenden eine nach jeder Richtung befriedigende Begründung zu geben versucht werden.

Wie sich aus den obigen Schilderungen ergibt, wurden die Gletscherströme durch Vorlagerung mächtiger Gebirgszüge ab und zu hunderte von Meter hoch *aufgestaut.* Hielt das Gebirge den ungeheuren Druck aus, so fand schliesslich ein Ueberfliessen und damit eine Abhobelung des Gebirgs von oben her statt. Es konnte aber auch infolge des wachsenden Ueberdrucks von hinten her ein plötzlicher Bruch eintreten, wobei entweder das ganze Gebirge über den Haufen geworfen oder wenigstens eine kleinere Ausflusspforte geschaffen wurde. Bei Faltengebirgen wiederholte sich dieser Vorgang im kleinen. Hier sammelte sich das Eis in den Längsfalten an. Sobald sich nun die äussere Falte aus irgend welchem Grund entleerte, hatte die nächste Falte einen einseitigen Druck auszuhalten und war daher früher oder später ebenfalls einer Zerstörung ausgesetzt. Der Ausbruch der hinter solchen Gebirgen oder zwischen einzelnen Gebirgsketten aufgestapelten Eismassen und deren Verbreitung über die schon vorher vorhandenen, talabwärts gelagerten Gletschermassen muss nun ganz den Eindruck eines neuen Vorstosses nach einem längeren Stillstand machen.

So erklärt sich z. B. die Plötzlichkeit des Eiseinbruchs über die Grafschaft *Norfolk,* wo die Bäume ganzer Wälder in etwa 1 m Höhe über dem Boden vom Eis abgeknickt und die abgeknickten Stämme weit nach vorwärts getragen wurden.

Ein ähnliches Beispiel, das denselben Vorgang im kleinen schildert, bietet das *Rheintal* (vergl. Fig. 119). Der Gletscher des Oberrheins floss ursprünglich lange Zeit von Sargans an über den Walen- und Züricher See, entsprechend der Faltenrichtung der Alpen. Die frühere Falte ist dargestellt durch das heutige Landquarttal mit der Fortsetzung gegen den Walensee, der stauende Riegel durch den damals noch zusammenhängenden Gebirgstock Scesaplana—Churfirsten. Eine weitere Falte war das heutige Jlltal, der vorgelagerte Riegel Hohenfreschen—Säntis. Die letzte Falte war an Stelle des heutigen Bregenzer Achtals mit Pfänder—Walzenhausen (Meldegg)

als vorgelagertem Rücken. Ein Beweis dafür, dass die mächtigen Eismassen der Günz- (und vielleicht auch der Mindel-) eiszeit, das heutige untere Rheintal nicht ausgefurcht haben, sind die grossen Felseninseln in der Nähe von Sargans, Feldkirch und Götzis, die bei mächtigem Eisschube zweifelsohne vollständig abgeschert worden wären. Mit zunehmendem Abtrag des Bregenzer Riegels, dessen allmähliche oder plötzliche Durchbrechung den Beginn der Auskolkung des derzeitigen Bodensees (als Schlagloch) zur Folge hatte, musste sich die Uebertrittstelle beim Säntis rasch vertiefen und mit der Entleerung des Jlltals war auch der Durchbruch bei Sargans gegeben, so dass der Querriss Sargans—Bregenz verhältnismässig rasch ausgebohrt wurde. Während nun zunächst, der Grösse des Durchbruchs entsprechend, nur ein Teil des Eises des obern Rheintals bei Sargans in den Querriss übertrat, wurde in der Folge der Sarganser Riegel vollends ganz zerstört und damit alles oberrheinische Eis zum Abfluss nach Norden geleitet, wobei der Bodensee zu seiner heutigen Tiefe ausgefurcht wurde. Aus diesem stufenförmigen Verlauf des ganzen Vorgangs erklärt sich, dass die dortigen Nebentäler wesentlich höher liegen, als das nachträglich übertiefte Rheintal und gegen dieses mit Steilstufen abfallen oder schluchtähnlich ausmünden (Albula, Landquart, Tamina, Jll u. a.). Die beiden in Oberschwaben abgelagerten Moränenwälle der Riss- und Würmeiszeit würden somit zwei plötzlichen, murartigen Ausbrüchen entsprechen, die dadurch hervorgerufen wurden, dass infolge der der Abnahme des Eises im Vorland der Alpen in den noch nicht durchnagten Falten der Alpen einseitige Staudrücke erzeugt wurden. Sobald die viele hundert Meter mächtigen, zwischen den hohen Bergen des oberen Rheintals eingespannten, Eismassen die weite Ebene mit ihren weichen tertiären Unterlagen erreicht hatten, breiteten sie sich fächerförmig um die Ausmündungstelle aus und blieben hier liegen, weil dem Strom infolge seiner seitlichen Ausdehnung die Kraft zum Weiterschieben fehlte. Die eigentümlichen Unregelmässigkeiten der heutigen Bodengestaltung mit den welligen Kuppen und versumpften Kesseln erklären sich ohne weiteres aus dem geschilderten Vorgang, sobald man nur bedenkt, dass der Murgang teils aus mächtigen Schottern, teils aus Klumpen von verfirntem Schnee, teils aus gewaltigen Eisbergen bestand. Je nachdem sich nun unter der angehäuften Masse mehr oder weniger Firn und Eis befand, setzte sie sich beim folgenden Abschmelzen stärker oder weniger stark zusammen. Der Ausbruch zur Risseiszeit verlegte bekanntlich*) der Donau in Schwaben den Weg und zwang die mit Eisklumpen durchsetzten Donauwasser, sich an mehreren Stellen Umgehungsrinnen durch den Jura auszunagen. Der Umstand nun, dass diese Umgehungstäler sich nicht so weit und nicht so

*) Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 59. Jahrgang 1903, S. 232.

tief ausbilden konnten, dass die Donau darin verblieb, ist ein Beweis dafür, dass der Aufstau nicht durch langsam angeschobene, unter hohem Druck stehende Gletschermassen erfolgte, sondern dass eher an eine Art rasch verlaufenden Murgang zu denken ist, nach dessen Zusammensinken in sich selbst die Donauwasser ihren alten Weg zwischen dem geschobenen Gerölle hindurch wieder fanden.

Dass ähnliche Verhältnisse in den Alpen überall vorkommen, beweist auch die Knickung des *Rhonetals* bei Martigny (Fig. 150). Das Rhoneeis bewegte sich anfangs sicherlich in der, dem ganzen Zug der Alpen entsprechenden vom Furkapass zur Isère laufenden Falte, diese an mehreren Stellen überflutend,*) und brach erst später an einer solchen Stelle bei Martigny, als mächtiger Querriss ins nördliche Alpenvorland aus, auf dem Weg dorthin das Genferseebecken aushöhlend, im Vorland gewaltige Ueberschwemmungen erzeugend und mächtige Ablagerungen niederlegend. Diesen Ausbrüchen und der damit verbundenen Uebertiefung des Haupttals folgten naturgemäss entsprechende Vertiefungen der senkrechten Nebentäler, wobei weitere, näher der Mitte der Alpenkette zu gelegene Längsfalten angeschnitten wurden und sich nun des in ihnen aufgestapelten Eises durch Abgabe desselben in diese Nebentäler entledigten.

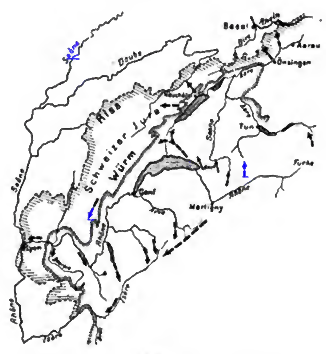


Fig. 150.

Auf gleiche Weise wie der Rhein und die Rhone durchbrechen auch die meisten *anderen Alpenflüsse:* die Aare, Reuss und Limmat, der Lech, die Isar, der Inn, die Salzach und Enns, sowie beinahe sämtliche linkseitigen Ponebenflüsse in gewaltigen Querrissen die Faltungen des Gebirgs. Dabei wurden alle die heute mitten im Tal stehenden Inselberge geschaffen, welche den Verlauf der alten Riegel noch andeuten und deren bezeichnendes Merkmal darin besteht, dass ihre Steilseite flussaufwärts, also der

*) Penck und Brückner weisen einen solchen Eisübertritt vom Rhonetal über den Grimselpass ins obere Aaretal und von da über den Brünig zum Vierwaldstätter See nach. Ein solcher mag auch am Gemmi-, Rawyl-, Sanetsch- und Cheville-Pass gegen den Kanderngrund und ins Simmen- und Sarinetal, sowie (selbstverständlich anfangs nur in geringem Mass) bei Martigny gegen den Genfersee stattgefunden haben.

Gletscherrichtung entgegengekehrt ist, während sie nach hinten stufenförmig abfallen (vgl. Fig. 34).

Hienach dürfte vielleicht der Satz aufgestellt werden, dass es unrichtig ist, von verschiedenen Eiszeiten zu sprechen, dass es vielmehr *nur eine einzige Eiszeit,* jedoch mit verschiedenen Unterabteilungen gegeben hat. Der erste, mächtigste Eisschub entspricht der Faltung der Erdrinde und der damit verbundenen Hebung der polaren Festländer, Vermehrung der Feuchtigkeit und Abkühlung der Luft. Alle scheinbaren Rückgänge und erneuten Vorstösse dagegen sind auf örtliche Verhältnisse zurückzuführen und in zeitweisen Aufstauungen durch grössere Gebirge oder kleinere Bergrücken (Riegel) begründet, in der Weise, dass der Rückgang, d. h. das Aufhören des Eisnachschubs der länger oder kürzer dauernden Anfüllung eines Aufstapelungsbeckens, der neue Vorstoss dagegen der Durchbrechung desselben entspricht. Damit wäre auch gegeben, dass die in einer Gegend nachweisbaren Unterabteilungen der Eiszeit stets nur für einen gewissen Umkreis gelten, also örtliche Erscheinungen sind, während in anderen Gebieten ganz andere Abschnitte unterschieden werden müssen.*)

Sollte sich jedoch auf Grund genauerer weiterer Beobachtungen ergeben, dass sowohl an den Polen als an den vergletscherten Gebirgen *gleichzeitig grössere Eisvorstösse* stattgefunden haben und dass sich die starken, der Mindel-, Riss- und Würmeiszeit entsprechenden Abstufungen im Eisstand allerorts zeigen, oder liesse sich die in manchen Gegenden beobachtete Tatsache, dass nach dem Eintritt eines länger andauernden Kälteabschnitts wieder Erwärmung stattfand (während der sich an einzelnen Orten grosser Pflanzenreichtum entwickelte, um später unter dem Einfluss einer wiederholten Temperaturerniedrigung wieder zu Grunde zu gehen), für die ganze Erde verallgemeinern, so wäre unter Umständen die Annahme zu machen, dass der Faltungsvorgang und damit die Hebung der Polarländer und Kettengebirge auf verschiedene Zeitabschnitte verteilt war, dass daher der Eisabfluss von dort sich nicht gleichmässig nachlassend, sondern staffelförmig, nach jeder Staffel aber langsam abnehmend, vollzogen hat.

---

*) Es ist hier nochmals darauf hinzuweisen, dass die Benennung „Günz- und Mindeleiszeit" im Anschluss an die neuesten Untersuchungen von Penck und Brückner zur kurzen Bezeichnung der bisher unbekannten allgemeinen grossen Vergletscherung gebraucht wird, im Gegensatz zu den längst bekannten kleinen Riss- und Würmeiszeiten. Beide obigen Namen werden in der Regel zusammengenannt, ohne Berücksichtigung der Frage, wie weit die Ausdehnung der Mindeleiszeit überhaupt nachzuweisen ist. Vermutlich dürfte es bei weiterem Fortschreiten der Forschung nötig werden, ganz neue Benennungen einzuführen.

B. Tertiärer Mensch.

Allerseits ist anerkannt, dass unsere Kenntnis über die Entwicklungsgeschichte des Menschengeschlechts noch sehr unvollkommen ist. Der uns bekannte älteste diluviale Mensch erscheint erst an den Moränen der Risseiszeit als ein den heutigen Menschen körperlich vollkommen gleiches Wesen, und auf einer Kulturstufe, die weit entfernt von jedem tierischen Zustand derjenigen mancher derzeitigen Naturvölker überlegen war.

Man ist daher geradezu genötigt, die *Entstehung des Menschen* schon in den der Eiszeit vorangehenden Zeitraum zu verlegen d. h. *in die Tertiärzeit.* Doch sind bisher alle Versuche, die seit der Eiszeit ununterbrochene Kette der menschlichen Entwicklungsgeschichte nach rückwärts zu verlängern, gescheitert, da mit kleinen Ausnahmen (Java, Australien s. S. 195) noch keine sicheren Spuren tertiärer Menschen und insbesondere auch noch keine überzeugenden Uebergangstufen zum heutigen Menschen aufgefunden worden sind. Durch diesen Umstand, sowie die weitere Tatsache, dass überhaupt das Gesamtleben der Erde (sowohl der tierischen wie pflanzlichen Organismen) beim Uebergang von der Tertiär- zur Quartärzeit eine auffallende Stockung aufweist, sah sich schon Darwin und mit ihm seither die meisten Forscher genötigt, die Forderung einer gewaltigen Umwälzung der gesamten Erdoberfläche aufzustellen, welche an der Wende der Tertiärzeit viele Tier- und Pflanzenarten vollständig vernichtet und insbesondere auch alle Spuren des Menschen ausgelöscht hat. Von der Art dieser Umwälzungen machte man sich jedoch keinen klaren Begriff*). Es wurden hauptsächlich umfangreiche Hebungen und Senkungen von Land- und Meeresteilen angenommen; aber hiefür fehlen die zureichenden Gründe und sicheren Anhaltspunkte, so dass diese Annahmen eigentlich nur ein Zugeständnis der Unwissenheit bilden. Zum Teil machte man auch die Eiszeit verantwortlich. Allein es ist nicht denkbar, wie die Eiszeit in ihrer bisher angenommenen, bloss örtlichen Ausdehnung (Riss- und Würmeiszeit) derart einschneidende Wirkungen und solch gewaltige Veränderungen hervorbringen konnte. Diese letzteren lassen sich vielmehr nur aus einer die ganze Erdoberfläche in Mitleidenschaft ziehenden Vergletscherung erklären, wie sie oben, von ganz anderen Grundlagen aus, nämlich der heutigen Bodengestalt der Erde, eingehend begründet und beschrieben worden ist.

---

*) Süss führt S. 12 f. Darwin's Anspruch an: „Ich glaube, dass die Erde kürzlich einen 'dieser grossen Cyklen des Wechsels durchgemacht hat" und schliesst daran die Bemerkung, „diese Worte enthalten das Zugeständnis, dass die Entwicklung des Lebens auf der Erde zwar eine ununterbrochene, aber keine gleichmässige gewesen sei, und es scheint fast, als solle der Leser vor ein weiteres Problem, das eines grossen und noch unbekannten (Eiszeit?) von der zeitweisen Aenderung der äusseren Existenzbestimmungen veranlassten Rhytmus in dem Prozesse der Gestaltung der lebenden Wesen geführt werden."

Es soll nun im folgenden, ausgehend von der unbedingt zu erhebenden Forderung eines tertiären Menschen, versucht werden zu zeigen, wie sich diese alte Streitfrage unter der Voraussetzung der im vorhergehenden geschilderten grossen *allgemeinen Vergletscherung* darstellt und zwar in der Weise, dass zuerst die Einwände gegen die Annahme eines tertiären Menschen besprochen, sodann die Gründe aufgezählt, die für diese Annahme sprechen und schliesslich die einzelnen Gegenden der Erde angeführt werden, welche (entsprechend der oben gegebenen Schilderung der Vergletscherung) den Menschen als Zufluchtsorte während der Eiszeit dienen konnten.

Die Einwände, welche hiebei etwa geltend gemacht werden können, sind wohl die folgenden: Vor allem, dass im Fall des einstmaligen Vorhandenseins von Tertiärmenschen doch irgend welche Reste menschlicher Wesen oder Kultur in den tertiären Ablagerungen gefunden werden müssten, und sodann wohl auch, dass bei der grossen im vorstehenden angenommenen Mächtigkeit der Vergletscherung die Kälte derart wachsen musste, dass überhaupt kein lebendes Wesen mehr bestehen konnte.

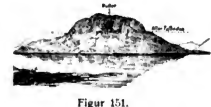
Auf den Einwand des *Fehlens menschlicher Spuren* in der Tertiärzeit soll zunächst mit der Frage geantwortet werden: Was bliebe von unserer ganzen heutigen Kultur übrig, wenn eine der Günzzeit an Mächtigkeit gleiche Eiszeit neuerdings über unseren Planeten hereinbrechen, die ganze Erdoberfläche mehrere hundert Meter tief aufwühlen, die abgeschürften Eismassen in das Meer werfen oder gar durch dasselbe hindurch schieben und schliesslich als geschlämmte Sande und Tone irgendwo ablagern würde? Die grössten Kohlen- und Eisenlager der Bergwerke und Hütten würden teils auf mechanischem Wege zerrieben, teils durch Säuren und Salze chemisch zersetzt und liessen sich höchstens als dunkel oder rostbraun gefärbte Flecken in den Moränen wieder erkennen. Von unseren grössten Steindenkmälern und tiefst gegründeten Ingenieurbauten wären höchstens Spuren des Materials in Form von Sandkörnern in den tausenden von Kilometer entfernten Endmoränen nachzuweisen. Als einzige Reste unseres derzeitigen Schaffens würden wohl nur einige schlamm- und sanderfüllte Bergwerkschächte und vielleicht Teile des einen oder andern Eisenbahntunnels auf die Nachwelt übergehen. Des weiteren wäre vielleicht der Fall denkbar, dass grössere Anhäufungen von Edelmetallen und Edelsteinen (wie z. B. die Goldbarrenlager der bedeutendsten Banken oder die Schätze orientalischer Fürsten), beieinander bezw. strichweise hintereinander, in Moränenreste eingebettet, in künftigen Menschenaltern wieder gefunden würden. Ausserdem würden wohl während einer solchen, Jahrtausende dauernden Eiszeit infolge der Abnahme der Kulturflächen ganze Völkerschaften und wegen der zunehmenden Kälte vielleicht auch alle schwächlicheren Geschöpfe, die von dem andringenden Eis auf Hochebenen oder höher gelegene Halbinseln und Inseln

geflüchtet wären, zu Grunde gehen. Das Fehlen menschlicher Spuren ist daher noch durchaus kein Grund, die Möglichkeit, dass zur Tertiärzeit Menschen vorhanden waren und dass diese selbst eine gewisse Kultur gehabt hatten, in Abrede zu stellen. Denn da zur Günzeiszeit nur wenige hohe Gebirgszüge und Hochebenen nicht von Eisströmen und Gletscherzungen überschritten wurden und alle vorher über den Festländern gelegenen Gesteinschichten auf beträchtliche Tiefen abgetragen wurden, so ist es nicht auffallend, wenn sämtliche Ueberreste menschlicher Wesen der Tertiärzeit mitsamt den etwaigen Uebergangsformen zu früheren Entwicklungstufen vernichtet und — bei der geringen Zahl und der Veranlagung der als Kulturträger übrig gebliebenen Menschen, sowie bei der langen Dauer der Günz- und Mindeleiszeit — auch alle etwaigen Kulturerrungenschaften dieser Zeit verloren gegangen sind. Uebrigens könnte man hiebei vielleicht auch auf den Gedanken kommen, dass der einzige Grund, weshalb noch keine deutlichen Spuren gefunden wurden, lediglich der ist, dass bisher nicht an den richtigen Orten gesucht wurde. Alle bisher genau durchforschten Gebiete tertiärer und vortertiärer Ablagerungen waren zur Günzeiszeit von Gletschern überflutet, zeigen somit nicht mehr die ursprüngliche Mächtigkeit, sondern nur noch den unteren Teil dieser von den Eisströmen teilweise auf mehrere hundert Meter Tiefe abgetragenen Schichten; es ist daher von vornherein unwahrscheinlich, dass hier noch etwas gefunden wird, während die ausgedehnten Hochebenen Asiens, Afrikas und Amerikas, sowie die höheren Gebirge, welche vermöge ihrer Höhenlage über dem Meer von den Gletschern nicht erreicht wurden, bei denen also allein noch auf Reste des voreiszeitlichen Menschen zu hoffen sein könnte, noch nicht genügend durchforscht sind. Indessen ist es doch sehr fraglich, ob die klimatischen Verhältnisse vieler dieser Gegenden zur Tertiärzeit überhaupt eine dichte Bevölkerung gestatteten und nicht erst infolge der Kälteeinwirkungen der Eiszeit die Besiedlung ermöglichten. Damit würden freilich alle etwaigen Reste, die in Zukunft an solchen Stellen noch gefunden werden sollten, nicht ein Bild des tertiären, sondern nur des Eiszeitmenschen (Günzeiszeit) geben. Jedenfalls aber würden derartige Entdeckungen für die menschliche Entwicklungsgeschichte von unberechenbarem Wert sein.

Auch der andere Einwand, der *grossen Kälte*, dürfte nicht stichhaltig sein. Nach fachmännischer Aufstellung soll die mittlere Temperatur der Riss- und Würmeiszeit von der jetzigen um 4–5° C verschieden gewesen sein. Wenn dies richtig ist, so dürfte wohl für die Günz- und Mindeleiszeit die Annahme einer mittleren Temperaturerniederigung von 8—10° C gegenüber heute genügen. Es ist mit diesen Zahlen wohl kaum zu nieder gegriffen, denn das Schmelzwasser der riesigen Eisströme, die lange Wege durchlaufen mussten, um geschmolzen zu werden, wirkten abstumpfend auf

die vom Gletscher ausgehende Kälte, wie ja das Wasser überhaupt die schroffen Unterschiede der Winterkälte und Sommerhitze mässigt und ausgleicht. Bedenkt man nun, dass die heutige mittlere Jahreswärme der noch bewohnten Gegenden am Aequator wie im Norden etwa von + 25 bis — 10° C schwankt, so ist nicht abzusehen, weshalb sich nicht auch damals die Menschen an die viel geringeren Unterschiede gewöhnen konnten, wenn auch, wie schon oben bemerkt, eine grosse Zahl schwächerer Geschöpfe dabei zu Grunde gegangen sein mögen.

Es sollen nun im folgenden verschiedene Gründe für die Annahme eines tertiären Menschen dargelegt werden durch Aufführung einiger Vorkommnisse, welche für die Annahme zu sprechen scheinen, deren wissenschaftliche Erklärung aber selbstverständlich den Berufsgelehrten überlassen bleiben muss, sowie durch Beiziehung der Sintflutsage und der Rassen- und Sprachenunterschiede der Völker. Dabei ist zu bemerken, dass hier nicht bloss diejenigen Spuren zu berücksichtigen sind, die in die Tertiärzeit selbst zurückzureichen scheinen, sondern selbstverständlich auch alle die, welche auf ein Vorkommen des Menschen in der Günzeiszeit hinweisen, weil damit die Brücke zum Tertiärmenschen geschlagen ist.



Figur 151.

Auf der Insel Torghatten, nördlich von Trondheim erhebt sich ein Berg (260 m), ähnlich einem ungeheuren Hute, mit einem viereckigen *Tunnel* (Hullet-Höhle genannt) in der Mitte, durch den man beim Vorbeifahren mit dem Schiff hindurch sehen kann (vergl. Fig. 151 und 152). Die Oeffnung liegt 135 m über dem Meeresspiegel, ihre Höhe schwankt zwischen 19 und 75 m, die Länge des Tunnels beträgt 163 m, die grösste Breite 17 m. Durch die Geologen sind die verschiedensten Ansichten über die Entstehung dieser Naturmerkwürdigkeit geäussert worden; als das wahrscheinlichste wurde bisher angenommen, dass sie durch allmählige Verwitterung entstanden sei*). Dem gegenüber ist zu betonen: Norwegen hatte zur Miocänzeit subtropisches Klima, die Inseln und Fjorde sind erst zur Eiszeit entstanden; nach der Figur, in welcher der Berg beiderseits die deutlichsten Ansätze des alten Talbodens zeigt, liegt der Tunnel mit seiner Sohle in der Höhe dieses Talbodens. Ist es nun nicht möglich, dass der Tunnel



Figur 152.

*) Die Bergenske Dampfschiffahrtgesellschaft, Bergen, Nordlandsfahrten, 1904, S. 52.

den letzten Rest einer beiderseits abgeschürften Verbindungstrasse (Land- oder Wasserstrasse) zwischen den beiden damaligen Täler darstellt?



Figur 153.

Weitere *ähnliche Vorkommnisse*, die jedoch wegen ihrer wesentlich geringeren Durchdringungslänge vielleicht eher als Verwitterungserscheinungen gedeutet werden mögen, befinden sich im Schweizer Jura, wo die Pierre Pertuis einen 10—22 m weiten Tunnel in 792 m Meereshöhe (möglicherweise alte Talbodenhöhe?) darstellt, sowie im Jordantal, wo nach gütiger Mitteilung des Herrn Baurat Dr. Schumacher in Haifa*) der Ausdruck: „el machrück“ einen 8—10 m breiten, ebenso hohen Tunnel bedeutet, durch den ein uralter, heute noch noch benützter Weg hindurch führt (s. Figur 153).

Sodann möge auf die neuerdings entdeckten *Gesässnachbildungen* niedergekauerter Individuen in Hockerstellung, sowie die *Fusseindrücke* menschlicher Wesen hingewiesen werden, welche im Foraminiferenkalk Australiens gefunden wurden, das von den Gletschern der Günz- und Mindelzeit verhältnismässig wenig beeinträchtigt wurde und welche als die ältesten, heute bekannten Spuren des Menschen angesehen werden.

Auf den, früher Moränen, heute Wüsten und Steppen darstellenden Hochebenen Arabiens, Persiens, Afrikas u. a. Orten finden sich ferner ausgedehnte *Trümmerstätten*, die vielleicht auf Niederlassungen zur Günzeiszeit schliessen lassen und einen Beweis bilden können für das einstmalige Bestehen eines gemässigten Klimas in jenen südlichen Breiten. Heutzutage wegen der drückenden Hitze und des mangelnden Wassers unbewohnt, hatten diese Gegenden wohl damals, entsprechend der Kälteeinwirkung der Eiszeit, eine derart herabgesetzte Temperatur, sowie infolge der ungeheuren Schmelzwasser der Gletscher einen derart durchfeuchteten fruchtbaren Boden, dass menschliche Ansiedlungen dort ganz wohl fortkommen konnten. Mit der zunehmden Austrocknung der feuchten Moränen zu den heutigen Steppen erhielten manche dieser Gegenden, z. B. China, grossartige künstliche Bewässerungen, mussten aber trotzdem schliesslich verlassen werden, insoweit

*) Die Abbildung ist nach einer Aufnahme des gen. Herrn gemacht, dem auch an dieser Stelle der verbindlichste Dank ausgesprochen werden soll.

das Wasser zu den Anlagen kleinern versiegenden Bächen und nicht grossen Flüssen entnommen wurde.

Weiterhin ist sehr beachtenswert die Sage von einer allgemeinen Ueberflutung der Oberfläche unseres Planeten, der *Sintflut,* die sich bekanntlich bei den verschiedensten Völkern in allen Teilen der Erde wiederfindet und eben durch die Allgemeinheit ihrer Ueberlieferung die Furchtbarkeit des die Gestalt und den Zusammenhang der Erdteile vollständig verändernden Vorgangs am deutlichsten zeigt. Die bisherigen Erklärungsversuche haben als Ursache wiederum vor allem Hebungen und Senkungen von Erdschollen und dadurch hervorgerufene Einbrüche des Meeres angenommen. Allein derartige, übrigens heutzutage sehr spärlich vorkommende Erscheinungen pflegen in der Regel bloss örtlicher Natur zu sein, so dass die Allgemeinheit der Ueberlieferung schlechterdings keine Erklärung fände. Nach anderen Ansichten haben wir es mit Schmelzwassern der Eiszeit zu tun. Diese Erklärung dürfte das Richtige treffen; allein bei der bisher angenommenen Ausdehnung der Vergletscherung (der Riss- und Würmeiszeit), die ebenfalls bloss auf kleinere Teile der Erde sich erstreckte, ist die Allgemeinheit der Sage, (z. B. bei Völkern Innerafrikas oder Chinas) wiederum unverständlich Nimmt man dagegen an, dass die Menschheit schon zur Tertiärzeit über die Erde verbreitet war, durch die die ganze Erdoberfläche umfassende Günz- und Mindeleiszeit auf einzelnen Inseln im Eismeer zusammengedrängt, beim Abschmelzen der Eiswasser überall in gleicher Weise von den grossen Wassern heimgesucht wurde und nach Lösung der absperrenden Eisschranken sich wieder nach den verschiedenen benachbarten Ländern ausbreitete, so fallen alle oben erwähnten Schwierigkeiten fort. Es könnte vielleicht bei dieser Erklärung auffallen, dass nicht die Eisströme in der Ueberlieferung als das grosse Schrecknis auftreten; allein diese bildeten bei ihrer Zähflüssigkeit und ihrem langsamen Fortschreiten keine ernstliche Gefahr, denn es war für die Menschen genügend Zeit vorhanden, sich ganz allmählich an diese Gletscher zu gewöhnen und in ihren Lebensgewohnheiten ihnen anzupassen. Vielmehr waren es die beim Rückgang des Eises hervorbrechenden, ungemein rasch und leicht beweglichen Schmelzwasser, deren verheerende Wirkungen so eindringlich im Gedächtnis der Völker haften blieben. Diese Wasser konnten, infolge von Durchbrüchen von Gebirgen und Entleerung aufgestauter Seen, unter Umständen so rasch daherströmen, dass alle in ihrem Bereich gelegenen, namentlich die auf den Endmoränen angesiedelten menschlichen Niederlassungen verloren waren.

Lässt man die Menschheit erst zur Riss- und Würmeiszeit entsehen, so ist es schwer verständlich, woher die grossen *Verschiedenheiten der Rassen und Sprachen* kommen, denn es ist kaum denkbar, dass die Trennung durch die heutigen Meere und Gebirge allein diese scharfe Scheidung hervorrufen

konnte. Nimmt man dagegen jene, schon oben dargelegte, Jahrtausende währende Abtrennung der einzelnen Gruppen der tertiären Menschheit durch die Eisströme an, so fällt auch auf diese Frage ein ganz neues Licht. Dabei mögen gewisse Grundunterschiede vielleicht schon durch eine Abzweigung in der Tertiärzeit angebahnt gewesen sein, erhielten aber ihre vollständige Ausbildung erst infolge der durch die Trennung der Eiszeit bewirkten Sonderentwicklung*). Es kann hier selbstverständlich nicht näher auf diesen Gedanken eingegangen werden, da sämtliche geologischen wie anthropologischen Unterlagen für die Einzelausführung zur Zeit noch nicht vorhanden sind, sondern erst durch die Fachgelehrten geschaffen werden müssen. Aber der Gedanke mag vielleicht einen Wink bilden, in welcher Richtung künftig zu forschen ist, um in diesen wichtigen Fragen einen Schritt weiter vorwärts zu gelangen.

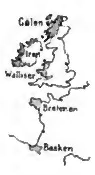
Weitere Anhaltspunkte für die Annahme eines tertiären Menschen könnten vielleicht auch noch aus folgenden Gedanken entnommen werden: Ob der Uebergang des Menschen von der Pflanzen- zur Fleischkost nicht vielleicht auf das Aussterben der bisher die Hauptnahrung des Menschen bildenden Südfrüchte sowie auf das durch die Temperaturerniedrigung der Eiszeit bedingte grössere Wärmebedürfnis zurückzuführen ist, dem durch die reichlichere Zufuhr von Fetten Rechnung getragen wurde; ob ferner die Zähmung der Haustiere nicht ebenfalls mit den durch die Eiszeit hervorgerufenen Verhältnissen zusammenhängt; ob der eigenartige Wandertrieb von Menschen und Tieren — der bei jenen in der grossen Völkerwanderung besonders stark hervorgetreten ist, sowie in dem Nomadisieren niederer Völker jetzt noch fortdauert, und bei diesen vor allem in dem geheimnisvollen Vogelzug sich geltend macht, — seinen ursprünglichsten und letzten Grund nicht in den Verhältnissen der Eiszeit findet; ob das Vorkommen von Diamanten in kreisförmigen, gletschermühlenähnlichen Tonkesseln, die von härterem Gestein eingeschlossen sind, und von Gold in Klumpen von bis zu 124 kg Gewicht und in solchen Mengen, dass stellenweise ein förmliches Goldkonglomerat entsteht, sich mit hinreichender Sicherheit aus der Zerstörung von Gebirgen mit goldführenden Quarz-Adern oder -Gängen erklären lässt oder ob hiebei nicht am Ende menschliche Tätigkeit im Spiel war, welche schon zur Tertiärzeit diese Metalle sammelte und verwertete? Zu dem Vorkommen des diluvialen Golds ist anzufügen, dass

*) Der Geograph und Zoologe Wagner hat die „Entstehung der Arten durch räumliche Sonderung" beobachtet und nachgewiesen, wie die Absonderung eines Tierschwarms und die Auswanderung in ein fremdes Gebiet den Schwarm unter Bedingungen rückt, die an seiner Art modeln. Dass zur Trennung oft ein blosser Flusslauf, ein Gebirgsrücken genügt; wie z. B. unterseeische Höhenzüge rechts und links Spielarten desselben Fisches werden lassen. Alle Bedingungen, die da aufgezählt werden, treffen in klassischer Weise zu bei den Menschenschwärmen, die von den früheren Genossen in strenger Scheidung gehalten wurden.

es stets in Begleitung von eigenartigen anderen Metallen (Platin, Silber, Magneteisen u. s. w.), sowie von spezifisch wesentlich leichteren Edelsteinen (Diamant, Rubin, Topas u. s. w.) in den als Endmoränen der Günzeiszeit zu bezeichnenden, aus Tonen, Lehmen, Quarzsanden bis zu zentnerschweren Geschieben bestehenden Goldseifen getroffen wird und dass dieses Grubengold reiner sein soll, als das in den Gängen gewonnene.

Wenn man sich nun die Frage unterbreitet, wo die Zufluchtsorte lagen, welche den tertiären (voreiszeitlichen) Menschen vor den von Nord und Süd allmählich angeschobenen Gletschern Schutz boten und die jahrtausende lange Fristung ihres Daseins ermöglichten, so ist klar, dass hier nur Punkte mit entsprechender Meereshöhe in Betracht kommen können, d. h. nur Stellen, die einerseits so hoch lagen, dass sie von Gletschern nicht mehr berührt wurden, die aber andererseits auch nicht örtlichen Vergletscherungen unterworfen waren. Da mit Rücksicht auf diese letztere Forderung die Hochgebirge auszuscheiden sind, so verbleiben nur noch die mittleren Gebirge und die Hochebenen. Allgemeine Zahlen lassen sich jedoch schwer aufstellen, da die Mächtigkeit des Eises naturgemäss mit der Entfernung vom Nährboden abnahm und im übrigen von den örtlichen Verhältnissen (Aufstauungen oder starkes Gefälle) sehr wesentlich abhing; vielmehr können die Grenzlinien des Eises an den einzelnen Punkten nur durch Untersuchungen an Ort und Stelle mit Sicherheit nachgewiesen werden. Das lässt sich jedoch ohne weiteres sagen: Da nach vorstehendem die erste Vergletscherung (Günzeiszeit) die weitaus mächtigste war, so mussten damals die Zufluchtsorte nach Zahl und Grösse am eingeschränktesten sein, während bei jeder späteren Vergletscherung Inseln in grösserer Anzahl und ausgedehnterem Umfang frei blieben. Auch zeigt ein Blick auf die Karte sofort, dass in Europa für die Günzeiszeit jedenfalls nur vereinzelte Gebirgstellen in Betracht kommen können, während alles andere vereist war, wogegen sich in Asien, Afrika, Amerika und Australien ausgedehnte Hochländer finden, auf denen grössere Völkermassen die Eiszeit zu überstehen vermochten.

Wo diese Gebirgstellen in *Europa* zu suchen sind, darüber gibt, in völliger Uebereinstimmung mit der oben gegebenen Schilderung der Eisbewegung, jede genauere Sprachenkarte Auskunft. Im Norden konnten sich die Reste der mehr und mehr zusammen gedrängten tertiären Menschheit nur auf den westlichen Kanten von Schottland, Irland, Wales und der Bretagne halten und zwar deshalb, weil dort die im Nordosten gestauten Gletscher mit stärkerem Gefäll in südwestlicher Richtung nach dem Tiefland des heutigen Atlantischen Meeres abfielen und soviel Gelände zwischen den einzelnen abstürzenden Gletscherzungen übrig liessen, als



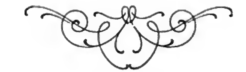
Figur 154

nötig war, um kleinere Menschenreste wohl Jahrhunderte lang zu ernähren und zu erhalten (Fig. 154). Weitere solche vor dem Eisansturm geschützte Stätten waren in Europa an der Westseite der Pyreänen, wo die Nord- und Südpolargletscher zusammenstiessen, an der Westseite der Apenninen, wo das Eis von der Adria nach dem Tyrrhenischen Meer abfiel, sowie im Kaukasus, der dem von Norden herströmenden Gletscher mächtigen Widerstand leistete und zwischen dessen Ketten sich wohl Eisströme vom Kaspischen zum Schwarzen Meer ergossen. Hienach könnte man versucht sein, die Urbewohner Europas, die Gälen, Iren, Walliser, Bretonen, Basken, Etrusker (Umbrier) und Kaukasier, als die letzten Reste der voreiszeitlichen Europäer aufzufassen. Diese Völkerschaften überlebten die Eiszeit, jedoch wie aus ihren kleinen Verbreitungsgebieten hervorgeht, in so geringer Zahl, dass sie nicht mehr im Stande waren, das nach und nach eisfrei gewordene Europa neu zu bevölkern.

Neue Völkerschaften, die gezwungen waren, auf den ausgedehnten Endmoränen der günz- und mindeleiszeitlichen Gletscher, d. h. auf den *asiatischen Steppen,* die damals — wegen des reichlichen Schmelzwassers — jedenfalls streckenweise bedeutend fruchtbarer waren als heute, während jener Vereisungen ihr Dasein dürftig zu fristen, mögen mit dem Rückgang des Eises anfangs in nomadisierenden Gruppen, später als ganze Völkerschaften nach Europa eingewandert sein, um sich die jungfräulichen Schätze an Tieren und Pflanzen zu Nutzen zu machen. Dass diese Einwanderung nicht aus dem heutigen Vorder-Indien kommen konnte, erhellt aus dem Umstand, dass diese Halbinsel zum grössten Teil in ähnlicher Weise vom Südpolarstrom vergletschert war, wie Europa vom Nordpolarstrom. Das gemeinsame Vaterland des indo-germanischen Völkerstamms während der Günz- und Mindeleiszeit wird vielmehr im vorderasiatischen Hochland (Kleinasien, West-Arabien, Iran, Turkestan) zu suchen sein; von hier aus zogen nach dem Abschmelzen des einengenden Eisgürtels die einen Stämme gegen Süden nach Indien, die anderen gegen Westen nach Europa, um sich fruchtbarere Gefilde aufzusuchen. Diese Wanderungen entsprangen durchaus nicht etwa blosser Neugierde oder einem innewohnenden Forschungstrieb, sondern der eisernen Notwendigkeit. Mit dem Rückweichen der Gletscher war zunächst eine Vergrösserung des bewohnbaren Raumes und damit eine Erleichterung der Lebensverhältnisse, also eine Bedingung für das Wiederanwachsen der zusammengeschrumpften Stämme gegeben. Mit der Zeit aber nahm die ausgiebige Bewässerung durch die Schmelzwasser und damit die Fruchtbarkeit des Bodens ab und zwar umso mehr je weiter sich die Gletscher zurückzogen. Beide Umstände schufen den Menschen erschwerte Daseinsbedingungen und zwangen sie, ihre bisherigen hochgelegenen Bergungsorte zu verlassen und den Gletschern nachzuziehen. Hiebei ist

wohl anzunehmen, dass die ausgezogenen Stämme später durch neue Vorstösse des Eises überrascht wurden und wiederum da oder dort auf Eisinseln zu einem Jahrhunderte währenden Sonderdasein verurteilt waren. Vielleicht liessen sich hieraus die innerhalb des indo-germanischen Volksstammes vorhandenen Unterschiede erklären.

In ähnlicher Weise waren die ausgedehnten Hochländer von *Afrika* (Marokko, Abessinen, Kapland, Teile von Inner-Afrika und Madagaskar u. s. w.), sowie die von *Mittel-* (Mexiko) und *Südamerika* (Peru) mit ihrer sonnenreichen Lage und verdünnten Luft wohl geeignet, die Reste der tertiären Menschheit über die Unbilden der Günz- und Mindeleiszeit hinüber in die spätere Quartärzeit zu bringen und aus solchen durch Gefahren gestärkten, durch harte Arbeit gestählten, in den Lebensansprüchen herabgedrückten Gebirgsvölkern neue frische Stämme grosszuziehen.



358

Storage





